



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique

جامعة زيان عاشور-الجلفة

Université Ziane Achour –Djelfa

كلية علوم الطبيعة و الحياة

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie



Projet de fin d'étude

En vue de l'obtention du Diplôme de Master Académique en Géographie
et Aménagement du territoire.
Spécialité : Villes, dynamique spatiale et gestion

Thème

**Changements climatiques dans les zones arides :
Etude de leurs Impacts sur les ressources en eau
de de la wilaya d'El Menia.**

Présenté par : BELAREGUEB Keltoum

Présenté devant la commission d'évaluation de la session : Septembre

Président :BOUSAID Adel MCB Univ. ZIANE Achour-Djelfa

Promoteur :FOUFOU Atif MCB Univ. ZIANE Achour-Djelfa

Co-Promoteur : /

Examineur :HAIED Nadjib MCA Univ. ZIANE Achour-Djelfa

Année Universitaire 2022/2023

Remerciement

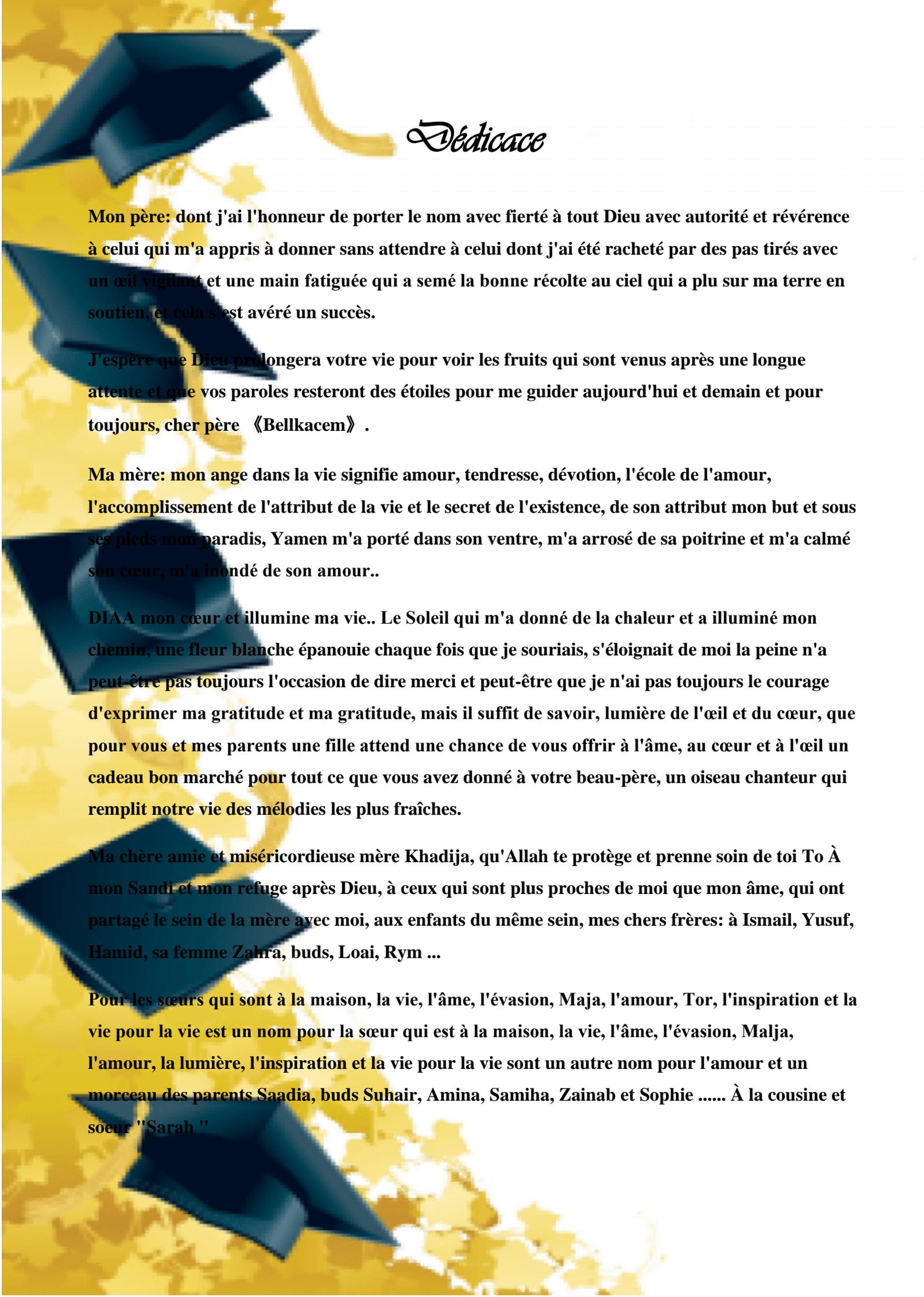
Tout travail réussi dans la vie nécessite en premier lieu la bénédiction de Dieu, et ensuite l'aide et le support de plusieurs personnes. Je tiens donc à remercier et à adresser ma reconnaissance à toute personne qui m'a aidé de loin ou de près afin de réaliser l'un de mes rêves...

Je remercie tous les professeurs et les enseignants de mon cursus universitaire qui ont Contribué à ma formation.

Je remercie vivement et les membres du jury pour le soutien et l'intérêt qu'ils ont portés à ce travail.

Je remercie fortement mon promoteur FOUFOU Atif.

Mes vifs remerciements vont également chez mes meilleurs amis pour l'appui moral qu'ils m'ont témoigné.



Dédicace

Mon père: dont j'ai l'honneur de porter le nom avec fierté à tout Dieu avec autorité et révérence à celui qui m'a appris à donner sans attendre à celui dont j'ai été racheté par des pas tirés avec un œil vigilant et une main fatiguée qui a semé la bonne récolte au ciel qui a plu sur ma terre en soutien, et cela s'est avéré un succès.

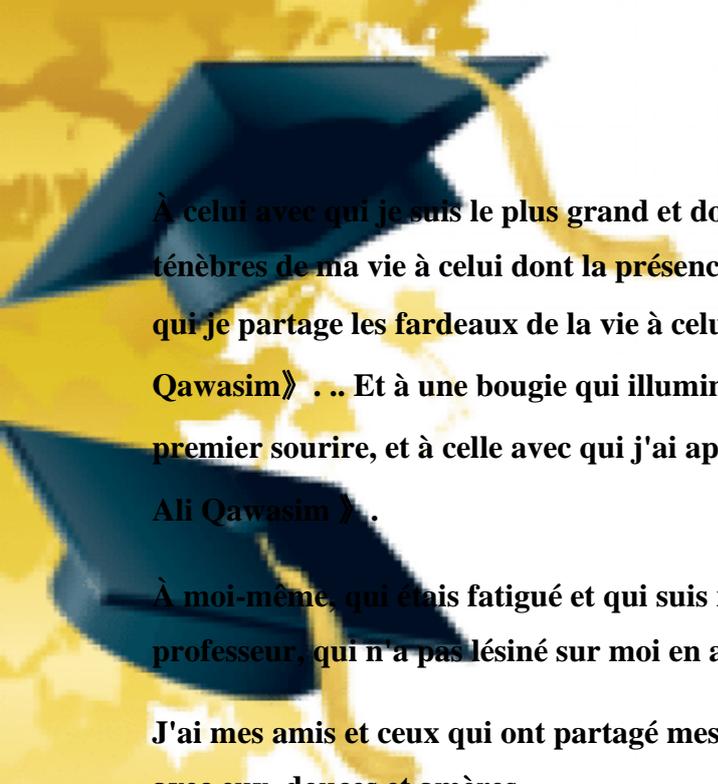
J'espère que Dieu prolongera votre vie pour voir les fruits qui sont venus après une longue attente et que vos paroles resteront des étoiles pour me guider aujourd'hui et demain et pour toujours, cher père 《Bellkacem》 .

Ma mère: mon ange dans la vie signifie amour, tendresse, dévotion, l'école de l'amour, l'accomplissement de l'attribut de la vie et le secret de l'existence, de son attribut mon but et sous ses pieds mon paradis, Yamen m'a porté dans son ventre, m'a arrosé de sa poitrine et m'a calmé son cœur, m'a inondé de son amour..

DIAA mon cœur et illumine ma vie.. Le Soleil qui m'a donné de la chaleur et a illuminé mon chemin, une fleur blanche épanouie chaque fois que je souriais, s'éloignait de moi la peine n'a peut-être pas toujours l'occasion de dire merci et peut-être que je n'ai pas toujours le courage d'exprimer ma gratitude et ma gratitude, mais il suffit de savoir, lumière de l'œil et du cœur, que pour vous et mes parents une fille attend une chance de vous offrir à l'âme, au cœur et à l'œil un cadeau bon marché pour tout ce que vous avez donné à votre beau-père, un oiseau chanteur qui remplit notre vie des mélodies les plus fraîches.

Ma chère amie et miséricordieuse mère Khadija, qu'Allah te protège et prenne soin de toi To À mon Sandi et mon refuge après Dieu, à ceux qui sont plus proches de moi que mon âme, qui ont partagé le sein de la mère avec moi, aux enfants du même sein, mes chers frères: à Ismail, Yusuf, Hamid, sa femme Zahra, buds, Loai, Rym ...

Pour les sœurs qui sont à la maison, la vie, l'âme, l'évasion, Maja, l'amour, Tor, l'inspiration et la vie pour la vie est un nom pour la sœur qui est à la maison, la vie, l'âme, l'évasion, Malja, l'amour, la lumière, l'inspiration et la vie pour la vie sont un autre nom pour l'amour et un morceau des parents Saadia, buds Suhair, Amina, Samiha, Zainab et Sophie À la cousine et soeur "Sarah "



À celui avec qui je suis le plus grand et donc je compte sur une bougie allumée qui illumine les ténèbres de ma vie à celui dont la présence a gagné une force et un amour illimités à celui avec qui je partage les fardeaux de la vie à celui avec qui j'ai connu le sens de la vie «Atman Qawasim» .. Et à une bougie qui illumine ma vie, la mienne et mon lien dans la vie et dans mon premier sourire, et à celle avec qui j'ai appris le sens de la maternité et j'ai la vue de mes yeux « Ali Qawasim » .

À moi-même, qui étais fatigué et qui suis resté éveillé pendant ce moment À mon humble professeur, qui n'a pas lésiné sur moi en artisanat et en science.....

J'ai mes amis et ceux qui ont partagé mes journées universitaires avec moi et les ont partagées avec eux, douces et amères

Aux sœurs auxquelles maman n'a pas donné naissance

À qui vous aimez la fraternité et vous distinguez par la loyauté et le don

Aux sources de la pure honnêteté: Suhaila, Fati, touha, Fawzia, tamouma, laaliya, Salima, Basma, Maryam Kabil, Fatna tamanrast, hope À ceux d'entre vous qui ont vécu des souvenirs doux-amers, espérons.

À tous ceux qui m'ont fait sentir que je n'étais pas seul dans une société différente, à toute ma famille avec leurs propres yeux et yeux, et à ceux qui me connaissent, qui ne sont pas aidés par ma mémoire et ne sont pas aidés par mon journal.



ملخص:

تقع ولاية المنية في جنوب الصحراء الجزائرية، مما يسببها مناخًا جافًا مع انخفاض معدل هطول الأمطار وتسجيل درجات حرارة قياسية. لذا يواجه سكان المنطقة احتياجات كبيرة من المياه على الرغم من وجود كمية كبيرة من المياه الجوفية في المنطقة، ولكن دون تواجد أي مصدر من المياه السطحية. وبالتالي، نظرًا لأن العوامل المناخية تؤثر بشكل كبير على توازن المياه الحساس، فمن الأهمية بمكان أن نعرفها ونحصر آثارها من أجل إدارة أفضل في مثل هذه الحالات. وقد أظهرت دراسة الجفاف الهيدرولوجي باستخدام مؤشر "مؤشر أداء الجدول الزمني" ومؤشر التعرف على الجفاف RDI على مستوى محطة الارصاد بالمنية وجود اضطرابات قوية في النظام المناخي مع تقلبات جافة في الغالب خلال فترة الدراسة بأكملها من 1991 إلى 2022. وفيما يتعلق بشدة الجفاف، فإن مؤشرات "مؤشر أداء الجدول الزمني" ومؤشر الجفاف الاستطلاعي تظهر نفس شدة في كل فترة الجفاف. بينما تظهر منطقة الدراسة فترات جفاف متكررة كل عامين، ويتراوح زمنها بين عامين أو ثلاث سنوات، مع تراتب من نوع الجفاف المتوسط الشدة إلى الجفاف الحاد وهذا في مناخ صحراوي.

الكلمات المفتاحية: تغير المناخ، الماء، الجفاف، صحراء، المنية، المؤشرات، مؤشر الجفاف الاستطلاعي.

Résumé :

La wilaya d'El Menia se situe dans le sud saharien de l'Algérie, ce qui lui confère un climat aride avec un très faible taux de précipitations et des températures extrêmes. Elle est confrontée à des besoins importants en eau, malgré la présence d'une grande quantité d'eaux souterraines dans la région mais sans aucun apport en eau superficielle. Par conséquent, vu que les facteurs climatiques influencent fortement le bilan hydrique sensible, il est primordial de les connaître et d'étudier leurs effets afin d'avoir une meilleure gestion dans de tels cas. L'étude de la sécheresse hydrologique on utilisant l'indice Schedule Performance Index. et l'indice de reconnaissance de la sécheresse Reconnaissance Drought Index au niveau de la station d'El Menia, a montré des fortes irrégularités du régime climatiques avec des fluctuations à dominance sèches sur toute la période d'étude de 1991 à 2022. Concernant la sévérité de la sécheresse, les indices Schedule Performance Index. et Reconnaissance Drought Index montrent la même sévérité dans chaque durée de sécheresse. La région présente des périodes de sécheresse répétitive tous les deux ans et qui dures entre deux voire trois ans, avec une sévérité variable entre le modérément sèche et l'extrêmement sèche dans un climat aride.

Mots clés : Changements climatiques, Eau, aridité, Sahara, El Menia, Indices, Reconnaissance Drought Index.

Abstract:

El Menia is located in the southern Saharan region of Algeria, giving it a dry climate with very low precipitation rates and extreme temperatures. It faces significant water needs, despite the presence of large amounts of groundwater in the region but without any surface water supply. Therefore, since climate factors have a strong influence on the sensitive water balance, it is essential to know them and study their effects in order to have better management in such cases. The study of hydrological drought using the Schedule Performance Index. index and the Reconnaissance Drought Index drought recognition index at the station of El Menia, showed strong irregularities in the climate regime with dry-dominant fluctuations throughout the study period from 1991 to 2022. With regard to the severity of the drought, the Schedule Performance Index. and Reconnaissance Drought Index indicators show the same severity in each drought period. The region has periods of recurring drought every two years, lasting between two and three years, with varying severity from moderate to extreme drought in an arid climate.

Keywords: Climate Change, Water, Dryness, Sahara, El Menia, Indices, Reconnaissance Drought Index.

SOMMAIRE:

Remerciement

Dédicace

Résumé

Chapter1:présentation de la zone d'étude El-Goléa

1. Introduction	04
2. Situation administratif géographique	04
3. Contexte climatique	05
4. Contexte socio-économique	05
4. 1. La démographie.....	05
4. 2. Donnée sur l'agriculture et l'élevage	06
5. Géomorphologie	07
5. 1. Géomorphologie régionale	07
5. 2. Géomorphologie locale	07
5. 3. La topographie	07
5. 4. Le réseau hydrographique	08
6. Géologie	09
7. Hydrogéologie.....	10
7. 1. La nappe superficielle (nappe phréatique)	11
7. 2. La nappe artésienne (l'aquifère du continentale intercalaire)	12
8. Conclusion	12
<u>Chapitre 2:hydro-climatologie de la zone d'étude.....</u>	14
1-introduction	15
2- Précipitations	15
2.1- Variation interannuelles des précipitations.....	15
2. 2. Variations moyennes mensuelles des précipitations.....	16
3-températures.....	17
3-1.variation moyennes mensuelles des températures.....	17

4-vent.....	18
5-Humidité.....	19
6-Durée d'insolation.....	20
7-climagramme de Louis Emberger.....	22
8-Bilan hydrique.....	23
9-1-Évapotranspiration.....	24
9-1-1.Évapotranspiration potentielle (ETP).....	24
9-1-1-1 calcule de ETP.....	24
9-1-2.Èvapotranspiration réelle (ETR).....	25
9-2.Calcule du Bilan hydrologique selon C.W .ThornthWaite.....	25
9-2-2. Interprétation du bilan hydrique.....	28
9-3.Ruissellement.....	28
10-conclusion.....	29
<u>Chapitre 3 :Matériels et méthodes.....</u>	<u>30</u>
1 introduction.....	31
2 Approche méthodique.....	31
3 Donné de base.....	32
3,1Agricultire	32
3,2,industrie	33
3.3 Diagnostique quantitatif des ressources en eau	33
4 calcul des besoins en eau des wilaya d'El mnieaa.....	33
5. Type de la sécheresse.....	34
5. 1. Sécheresse météorologique.....	34
5. 2. Sécheresses hydrologiques.....	34
5. 3. Sécheresses agricoles.....	34
5. 4. Les caractéristiques de la sécheresse.....	35
5. 5. Les indices de l'évaluation de la sécheresse.....	35
6 software	36
7 Conclusion.....	37
<u>Chapitre 4: Résultats et Discussions.....</u>	<u>39</u>
1. Introduction	39
2. Logiciel DrinC	39
3. Evaluation de la sécheresse météorologique.....	41

3-1. Sécheresse météorologique à court terme.....	41
3.2. La Sécheresse à moyen et à long terme	42
4.. Corrélation entre le SPI et le RDI calculés à partir de la station de El Mnieaa.....	44
5. Conclusion.....	46
Conclusion générale.....	49
Références bibliographiques.....	51

Liste des tableaux :

N°	Nome de tableau	Page
01	Coordonnées de la station météorologique dans la région	15
02	précipitations moyennes mensuelles à la station d' ELMenia (2002/2022)	16
03	Températures moyennes mensuelles à la station d'El Menia (2002/2022)	17
04	Vitesses moyenne mensuelles des vents en (m/s) à la station d'El Menia(2008-2017)	18
05	Humidité relative moyenne mensuelle en % à la station d'El Menia (2008-2017)	19
06	Moyennes mensuelles de la durée d'insolation à la station d'El Menia (2008- 2017)	20
07	Bilan hydrique à la station d'El Menia (1995/ 2017) par la méthode deThornthwait	26
08	Résultats du bilan hydrique	29
09	Tableau récapitulatif des données exploitées.(DSA2017)	32
10	Besoins en eau totale (hm/an) dans la zone d'étude	33
11	Coefficient de corrélation (R2)entre les SPI et les RDI à différents pas de temps.	45

Liste des Figures :

N°	Nome de Figure	Page
01	Situation géographique de la région d'El-Menia.	04
02	Carte d'occupation des sols de la région d'El-Menia.	06
03	Carte des pentes de la région d'El-Menia.	08
04	Extrait de la carte géologique d'El Menia (OSS ,2003)	10
05	unités hydrogéologique du bassinsaharien	11
06	Evolution précipitation annuelles d' ELMenia	16
07	Evolutionsdes précipitations mensuelles d'El Menia (2002-2022)	17
08	Histogramme des températures moyennes mensuelles de la zone d'étude (2002-2022)	18
09	Histogramme de la vitesse moyenne mensuelle de vent de la zone d'étude (2008-2017)	19
10	Histogramme de l'humidité moyenne mensuelle dans la zone d'étude (2008- 2017)	20
11	Diagramme d'insolation moyenne mensuelle (2008- 2017).	21
12	Diagramme Ombrothermique de Gaussen à la station d'El Menia	22
13	Climagramme d'Emberger de la région d'El Menia	23
14	Moyennes pluriannuelles des éléments climatiques à la station d'El Menia pour la période (2000-2020).	27
15	Diagramme de la variation de la RFU, du déficit agricole et de l'excédent à la Station d'El Menia (2000-2020).	27
16	Types de sècheresses (www.wikipedia.org)	34
17	Interface du logiciel DrinC.	37
18	Comparaison de SPI 1 et RDI 1 pour la station d'El Menia (1991/2022) avec un pas de temps de 1 mois.	42
19	Photo : Exemples de format de fichier (ensembles de données mensuels et annuels)	40
20	Photo : Exécution du programme sous Windows	41

21	Comparaison des SPI 3 et RDI 3 pour la station d'El Menia (1991/2022) avec un pas de temps de 3 mois.	42
22	Comparaison des SPI 6 et RDI 6 pour la station d'El Menia (1991/2022) avec un pas de temps de 6 mois.	43
23	Comparaison des SPI 9 et RDI 9 pour la station d'El Menia (1991/2022) avec un pas de temps de 9 mois.	43
24	Comparaison des SPI 12 et RDI 12 pour la station d'El Menia (1991/2022) avec un pas de temps de 12 mois.	44
25	Diagramme de corrélation entre les SPI et les RDI pour la station d'El Menia (1991-2022).	46

Liste des abréviations :

GIEC Groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat
PNUE Programme des Nations unies pour l'environnement
GES gaz à effet de serre
% Pourcentage
ANRH Agence Nationale de Ressources en Eau.
°C Degré Celsius.
(°F) Fahrenheit
(K) Kelvin
(Pa) Pascal
VAG Programme de la Veille de l'Atmosphère Globale
OMM L'organisation météorologique mondiale
CP Coefficient Pluviométrique.
DA Déficit Agricole
DPAT Direction de Planification et Aménagement du Territoire
DrinCD Drought Indices Calculator
EEst
ETP Evapotranspiration potentielle
ETR Evapotranspiration Réelle
Exc Excédent en eau du sol.
N Nord
GCM Global Climate Models (Modèles de Circulation Générale)
hab Habitant.
Ie Infiltration efficace
mm Millimètre.
NE Nord Est
ONM Office Nationale de Météorologie.
ONS Office Nationale de Statistique.
P Précipitation
R Ruissellement
RDI Indice de Reconnaissance de la Sécheresse.
SPI Indice des Précipitations Standardisées
RFU Réserve Facilement Utilisable.
RGPH Recensement Général de la Population et de l'Habitat
RN Route Nationale
T Température
Tm Température minimale
TM Température Maximale

Introduction générale

Introduction générale :

De nombreuses études scientifiques sont actuellement menées dans l'optique d'un possible changement climatique. Le changement climatique est un problème mondial qui nécessite une réponse globale. La décennie 1990, la plus chaude depuis dix siècles, montre que le climat de la Terre change (GIEC, 2008). L'environnement sera affecté de manière physique par le changement climatique et ses variations régionales. Le cycle des eaux, les océans, les glaciers, les nuages et les pluies font partie de plusieurs de ces effets. Cependant, les changements climatiques n'affecteront pas toutes les régions de la même manière.

La sécheresse peut avoir des effets persistants même après le retour des pluies, notamment des prix élevés des denrées alimentaires, une pénurie de ressources en eau, un sol érodé et un bétail diminué, ainsi que des conflits juridiques et sociaux qui peuvent durer des années. Les périodes de sécheresse sont fréquemment accompagnées d'inondations importantes qui affectent les populations les plus vulnérables, augmentant ainsi les souffrances.

Enfin, la sécheresse rend les sols secs et entrave le bon développement des plantes et de la faune. En conséquence, les incendies sont fréquents pendant les périodes de sécheresse et produisent des gaz nocifs qui polluent l'atmosphère et aggravent l'effet de serre. Il est crucial de comprendre comment gérer les réserves en cas de sécheresse en raison du changement climatique mondial. Il est également crucial de comprendre comment s'adapter à un climat qui change rapidement.

En ce moment, ce problème persiste à l'échelle mondiale, en particulier dans les zones arides, où les populations humaines ont jusqu'à présent dû investir beaucoup dans la technologie et consommer beaucoup de ressources essentielles (eau et biodiversité) pour atteindre le développement.

À l'échelle mondiale, les zones arides représentent 41% de la surface terrestre, avec une population estimée de 2 milliards d'habitants, dont environ 90 % se trouvent dans des pays en voie de développement. Ces facteurs rendent la vie de la population presque impossible car elle est fortement dépendante des ressources provenant des forêts et d'autres terres boisées, des pâturages et des arbres présents.

Notre bien-être repose sur les ressources en eau en termes quantitatifs et qualitatifs, et nous ne pouvons pas les laisser détériorer si nous voulons continuer à progresser. Une bonne évaluation de la sécheresse actuelle peut avoir un impact direct sur les ressources en eau et améliorer davantage la gestion de la problématique de l'eau en raison des besoins croissants de développement démographique, socio-économique et climatique.

En Algérie, les régions arides et semi-arides qui composent une grande partie de sa surface, telles que le Sahara algérien, nécessitent l'utilisation d'eaux souterraines pour répondre aux besoins variés de la population (domestique, irrigation et industrielle). La région d'El Menia est incluse dans ces zones en raison de sa position géographique stratégique au centre de l'Algérie et de son important réservoir d'eau.

L'augmentation de la demande en eau pour les activités humaines et la mauvaise gestion des ressources en eau ont causé des problèmes de qualité de l'eau dans cette zone ces dernières années. De plus, l'approvisionnement et la distribution d'eau potable sont affectés par des éléments naturels tels que la sécheresse et les contraintes géologiques.

Basé sur les données collectées dans la région, le présent travail vise à définir les aspects qualitatifs et quantitatifs de la qualité de la ressource en eau afin de comprendre l'origine de la salinité de l'eau et ses effets sur le sol, en mettant l'accent sur l'évaluation de sa vulnérabilité aux influences anthropiques. La mémoire actuelle est organisée en quatre chapitres :

Le travail ci-dessous est divisé en quatre chapitres précédés d'une introduction, suivis d'une conclusion et de documents annexes.

Le premier chapitre décrit la zone d'étude. Ce chapitre offre un aperçu des caractéristiques géographiques, géologiques et hydrogéologiques de la région d'étude.

Le deuxième chapitre comprend une analyse des paramètres climatiques tels que le type de climat, l'évolution des précipitations, l'évolution des températures, l'estimation de l'évaporation et le calcul du bilan hydrologique sur une période de vingt ans.

Le but du troisième chapitre est de mieux discuter de l'importance des indices de sécheresse utilisés. Avant d'entrer pleinement dans le sujet, cet essai vise à mieux comprendre les problèmes abordés dans ce travail.

Le quatrième chapitre traite du calcul automatisé des indices de sécheresse à l'aide du logiciel spécialisé DrinC, les résultats sont discutés et analysés. Une conclusion résume l'étude de ces indices.

Enfin, nous arrivons à une conclusion générale qui résume les principaux éléments et les résultats de cette étude.

Chapitre 1

Présentation de la zone d'étude

1. 1. Introduction :

Le but de ce chapitre est de donner une définition de la situation socio-économique de la région d'El Menia, ainsi que de déterminer ses données naturelles telles que les ensembles topographiques et les facteurs climatiques.

1.2. Situation administratif géographique :

L'oasis d'El-Goléa est le point le plus central de l'Algérie, elle comporte l'ensemble d'El-Menia et Hassi El Gara qui forme une oasis splendide née sur le lit d'oued Seggeur. Situé à une latitude de 30°35' Nord et une longitude de 02°52'Est,son altitude moyenne atteint 396m l'ensemble est bordé par l'immense partie du grand erg occidental côté Ouest et à l'Est on trouve la falaise de hamada qui forme le Tademaït.

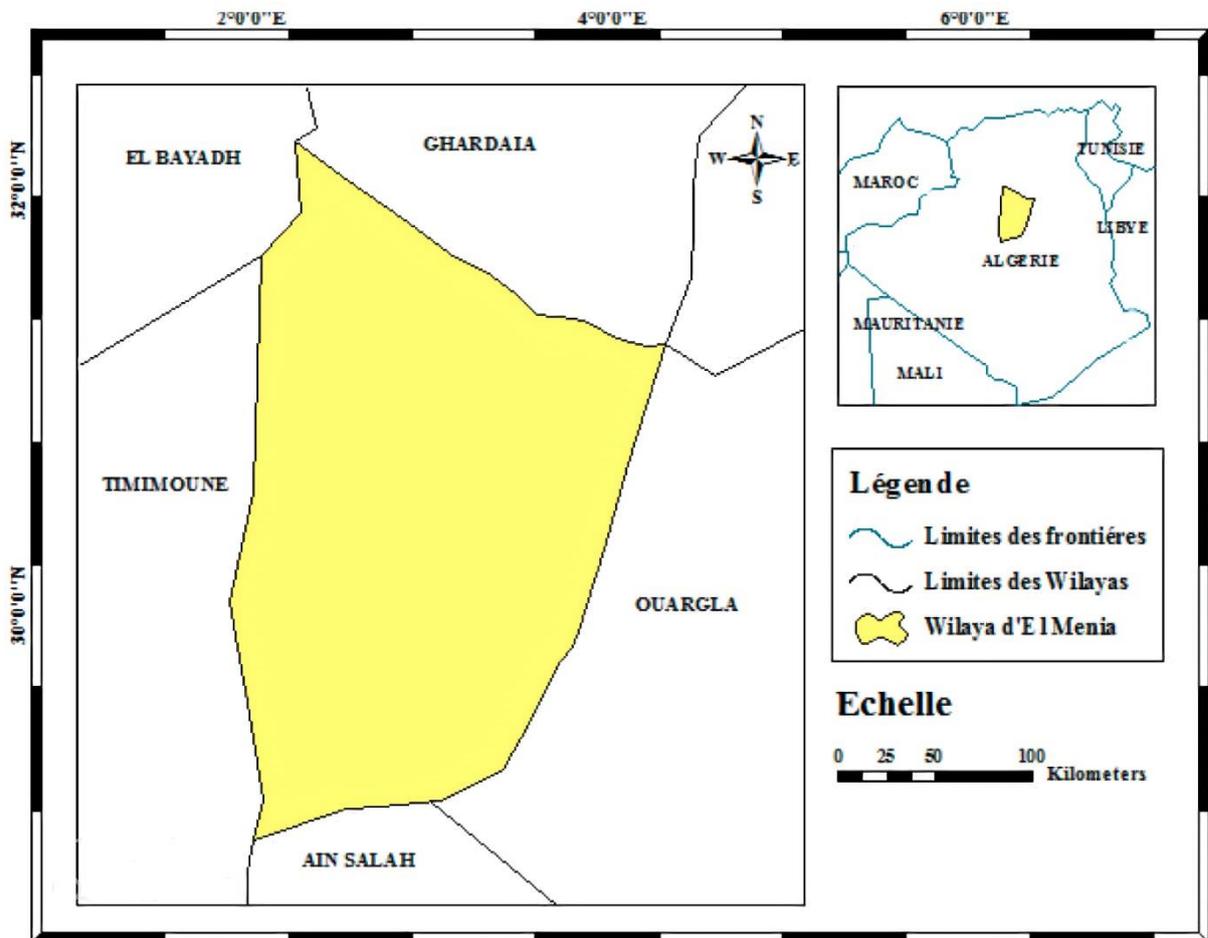


Figure 01 : Situation géographique de la région d'El-Menia.

Il est distant du littoral (Alger)de 900 km et de 470km du pied de l'atlas saharien. Le site est un lieu de transit important vers le grand sud saharien et le Niger .les oasis voisines sont :

- In Salah à 400 km au sud ;
- Ghardaïa à 270 km au Nord-est ;
- Timimoune à 360km Sud-Ouest ;
- Ouargla à 36km à l'Est.

Il constitue actuellement un lieu de rencontre des voies venant du côté Ouest du Saoura (Adrar, Timimoune) et du plein sud (Tamanrasset, In Salah et Niger), et la route nationale projetée de l'est (Hassi Massoud, Ouargla), sa position géographique et géostratégique attire les populations voisines, comme elle permet d'établir un équilibre spatial et fonctionnel pour l'ensemble de la wilaya, et lui offre un statut d'une zone militaire importante.

1. 3. Contexte climatique :

El Menia a un climat subtropical désertique où les hivers sont doux, il peut faire froid la nuit, et les étés sont très chauds et ensoleillés. La ville, autrefois connue sous le nom d'El Golea, se trouve dans une oasis dans le désert algérien, à une altitude de 400 mètres, à 30 degrés de latitude nord.

De juin à septembre, les températures peuvent atteindre 47/48 °C pendant la période estivale les plus chaudes. En juillet 2023, la température a atteint 48 °C pendant trois jours consécutifs et il y a eu un jour où la température n'a atteint que 34 °C. Les niveaux annuels de précipitations sont de 50 mm, ce qui les place au niveau désertique. Au mois d'août, les précipitations sont inférieures à 1 mm tandis que dans le mois de mai, les précipitations sont supérieures à 15 mm. Cela représente la moyenne des précipitations.

1. 4. Contexte socio-économique :

1. 4. 1. La démographique :

La démographie d'un territoire met en jeu son développement car ce sont les hommes qui façonnent le cadre de la vie, les réseaux de mobilité, l'économie locale comme l'organisation sociale. La démographie d'une région est l'un des principaux facteurs de puissance ou d'impuissance, en raison des limites qu'elle impose au développement économique. Depuis la période coloniale en 1957, El Menia est une Daïra, elle a été classée comme Wilaya en novembre 2019. Le but de ce nouveau classement est d'améliorer les conditions de vie des citoyens, de favoriser la mobilité économique dans la région et de réduire les difficultés liées à l'isolement dans les zones rurales. Actuellement et selon le recensement de 2022, la wilaya s'étend sur 49.000 km² et compte 58.000 habitants, soit 1.2 hab/km², avec un taux de croissance de 2.33%.

1. 4. 2. Donnée sur l'agriculture et l'élevage :

La tâche principale de l'agriculture saharienne est de rendre l'espace aride vivable pour les êtres vivants et créateur d'activité productrice (Achour, 1990).

Les atouts dont dispose la zone d'étude permet de bien envisager le développement de ce secteur, dont la prise en charge, à travers le programme du renouveau agricole et rural, vise à :

- Lutter contre la dégradation des milieux physiques et l'avancée de la désertification.
- Protéger les ressources naturelles et l'environnement.
- Améliorer les performances de l'agriculture pour une contribution assez effective et plus large à la sécurité alimentaire de la population.
- Reconvertir et adapter l'agriculture à l'aridité du climat et aux contraintes du milieu physique.

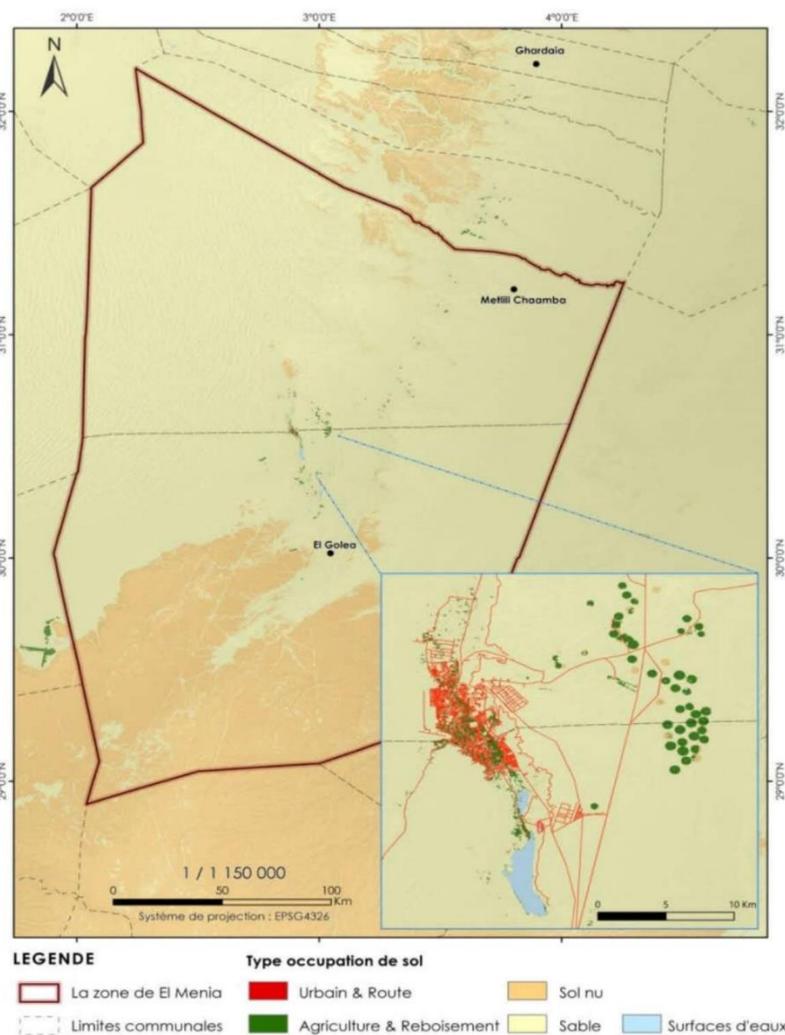


Figure 02 : Carte d'occupation des sols de la région d'El-Menia.

La zone d'étude est une oasis, dont sa surface agricole totale (SAT) est estimée à 370000 ha, dont 235750 ha considérée comme une surface agricole utile (DSA, 2014). Les principaux produits agricoles sont les dattiers, les cultures maraîchères et les arboricultures.

Concernant la production animale, et en matière de gros élevage, la région dispose d'un troupeau estimé à 72000 équivalents ovins (en terme d'équivalent ovin, un camelin ou un bovin égale 4 ovins). Pour faire face aux besoins alimentaires de ce troupeau la zone d'étude dispose seulement 34ha de cultures fourragères, mais une importante surface destinée aux pacages et parcours (671000ha).

Les contraintes liées aux activités agricoles se résument comme suit :

- Un climat Saharien à très forte aridité et dont la principale caractéristique consiste en un déficit permanent en eau, nécessitant donc la mobilisation des eaux pour toute mise en valeur agricole envisagée.
- La présence des sols peu évolués xériques subdésertiques éolisés en reg et des sols peu évolués xériques subdésertiques modaux, unités pouvant faire l'objet d'une mise en valeur irriguée moyennement de aménagements préalables obligatoires.
- Une certaine sensibilité à l'érosion surtout éolienne due au fait que la zone d'étude trop exposée aux vents et constituée de sols légers sans couvert végétal protecteur.

1. 5. Géomorphologie :

1. 5. 1. Géomorphologie régionale :

La région d'El-Goléa est située sur un niveau alluvial ancien creusé dans un plateau caillouteux dont les assises appartiennent au cénomaniens.

1. 5. 2. Géomorphologie locale :

El-Goléa se trouve dans un couloir encaissé entre les dernières dunes de grand erg occidental. La vallée de l'oasis est un lit alluvionnaire, composé des terrains agricoles très fertiles.

Les cultures se déploient dans la vallée d'un Oued, d'après G. CAPOTREY (1958) cet Oued représente le prolongement de l'oued Seggeur réapparaissant après les dunes de l'erg. Donc l'oasis se situe dans une zone déprimée sur des terrains alluvionnaires sableux un peu argileuse à l'approche des buttes qui se localisent dans la partie Est, on note la présence d'un glacis simple ou double par endroit très disséqué et qui forme une surface prête pour le ruissellement.

1. 5. 3. La topographie :

La topographie de la région est relativement plane dans ses endroits et correspond à un plan incliné vers le sud Est.

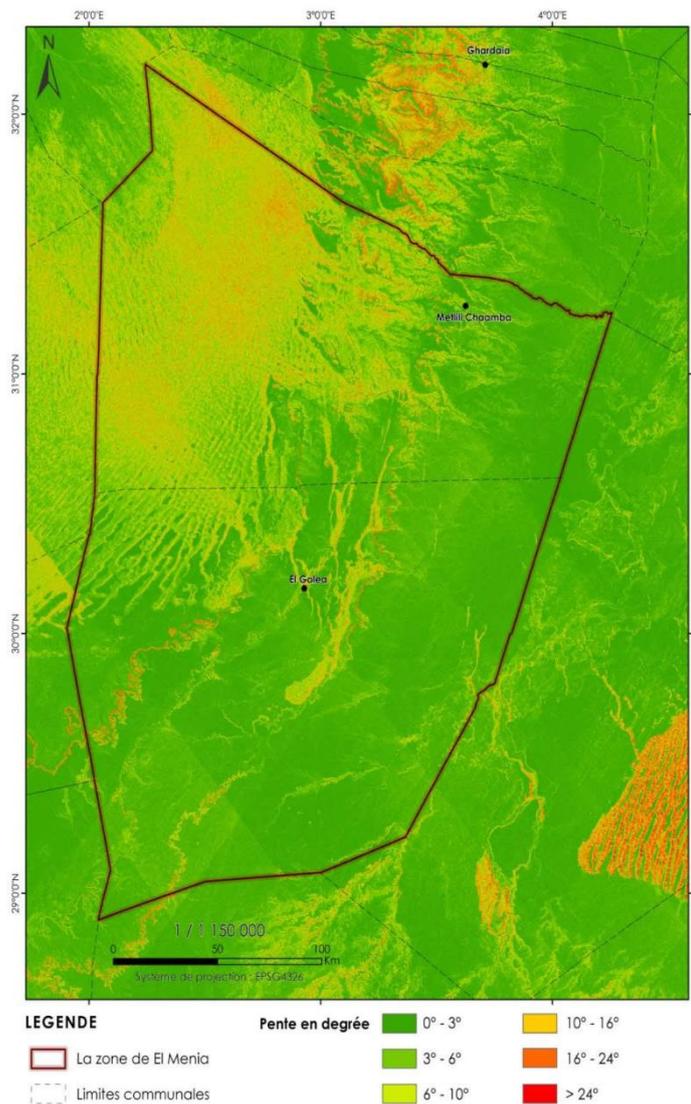


Figure 03 : Carte des pentes de la région d'El-Menia.

On observe une variation négligeable de la pente dans la partie Est et Sud-Ouest ce qui donne deux différents zone au niveau du site :

-La première correspondre au talus et aux reliefs matérialisés par les remblais.

-La deuxième zone représentée par le reste du site qui correspond à un plan incliné vers le Sud-Ouest (Fig.02)

1. 5. 4. Le réseau hydrographique

La vallée de l'oasis :

El Goléa se trouve à l'amont d'une gouttière grossièrement de direction NNE-SSW ou les eaux venues de l'impluvium atlasique et de l'erg occidental s'écoulent en direction vers Gourara.

Le lac (Sebkhat El Mellah) :

C'est une dépression endoréique d'une superficie 18.947 hectares constituée de sols salés que se compose de deux plans d'eau, un bassin supérieur, à salinité modéré, très riche du point de vue de la diversité biologique et s'assimilant à un étang, et une sebkha, ou lac salé, dénudé dont les berges constitués un lieu des cristallisations de sel. (HabibaN. 1996)(Fig.02)

1. 6. Géologie :

Les terrains de la région d'El Menia sont étudiés par plusieurs auteurs, et basé sur la description directe des affleurements et les analyses des sondages faits par Bussum (1967). Ce dernier a établi une carte géologique (figure 5) dans laquelle les terrains sont d'âge secondaire repartie par un terrain ancien d'âge Cénomaniens inférieur à l'Ouest, de nature lithologique argileuse, détermine une phase humide masquée par le Grand Erg occidental, les terrains de Cénomaniens moyen et supérieur se trouvent autour de la zone d'étude surtout à l'Est d'un faciès calcaire, le Turonien commence l'affleurement à 19 km au sud d'El Menia

Selon cette carte aussi, les affleurements des couches est plus large de sud en nord, et très court de Ouest en Est, cela due à l'importance des variations de niveau topographique, qui pose le problème de l'origine de ces affleurements. L'installation de Grand Erg Occidental à l'Ouest d'El Menia, lie au régime continental qui a affecté la région durant le Quaternaire, les vents ramène les sable de sud vers le nord, les reliefs de Sabkha et mouvement alpine fait un obstacle naturel, et sont aussi les origines des eaux infiltrent dans cette immense surface dunaire, ces eaux alimentent les nappes phréatiques des oasis installées dans la région. Une description d'un log lithologique d'un forage d'eaux permet de dire que la formation importante est du secondaire de type calcaire à argile, et du sable vers la profondeur

- A la base, on a une formation gréseuse de l'Albien connu dans la région sous le nom de la rappe Continental Intercalaire.
- Au-dessus se déposent terrains argileux d'âge Cénomaniens connu dans la région par le nom de argiles d'El-Goléa.
- Au sommet se trouve le Turonien constitué des formations calcaires très dur, affleurent au Nord et Sud-Est d'El Menia.

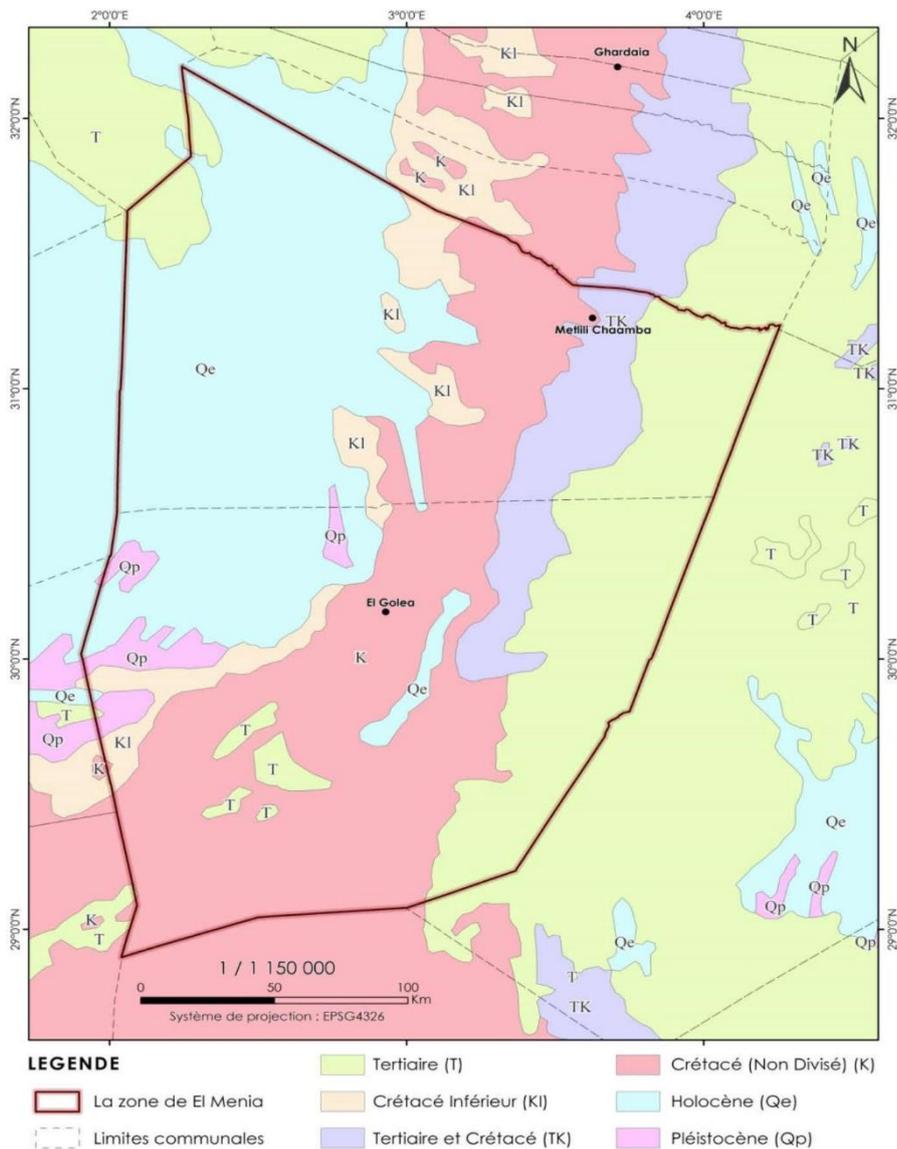


Figure 04: Extrait de la carte géologique d'El Menia (OSS ,2003)

1. 7. Hydrogéologie :

Les conditions climatiques arides et semi-arides qui régissent dans la plus grande partie de la région de l'Afrique du Nord et du Sahel font durer le déficit hydrique du sol pendant plusieurs mois de l'année. L'Algérie fait partie de cette unité géographique caractérisée par la présence des ressources en eau souterraine considérable riche dans sa partie saharienne.

Le Sahara algérien est subdivisé en quatre unités hydrogéologiques (Fig .3)

- L'unité du Chott Melrhir ;
- L'unité de Saoura-Tindouf ;
- L'unité du Sahara septentrional ;

-L'unité du Hoggar-Tassili.

La région d'étude est contenue dans l'unité hydrogéologique du Sahara septentrional.

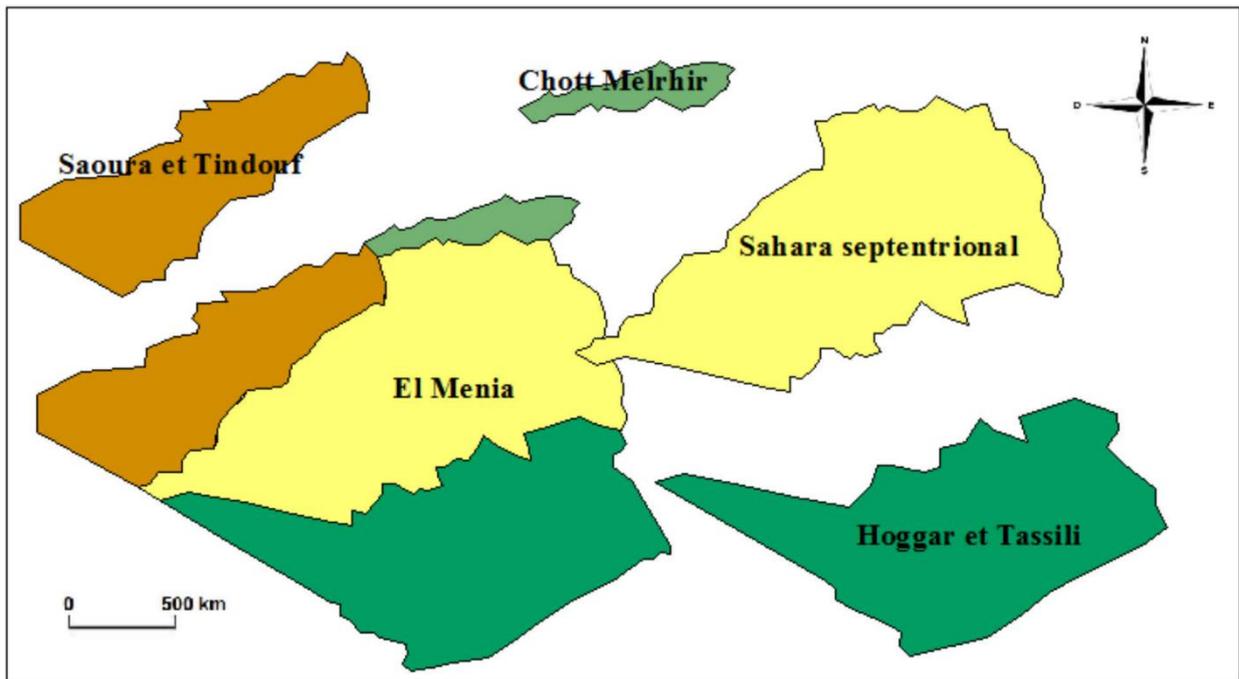


Figure 05 : unités hydrogéologique du bassinsaharien

La région d'El-Goléa est un cas exceptionnel car ailleurs aucune palmeraie n'a pas pu s'établir d'une façon durable au pied de Tademaït. Elle est liée à l'affleurement et l'émergence du complexe terminal dans cette zone d'une part et le continental intercalaire d'autre part. L'oasis d'El-Goléa bénéficie des eaux qui proviennent de deux nappes:

- Nappe superficielle très proche de la surface de sol.
- Nappe artésienne ascendante ou jaillissante suivant l'altitude des zones.

1. 7. 1. La nappe superficielle (nappe phréatique) :

La nappe phréatique très proche de la surface, se trouve à quelques centimètres de profondeur en provoquant de sérieux problèmes dus à la remontée des eaux, cette nappe affleure au niveau du lac d'El-Goléa.

La nappe se trouve dans les formations de quaternaires elle bénéficie selon G.CAPOT REY(1958) des eaux collectées par oued Seggueur à partir des calcaires cénozoïques et turonien et localement à partir de sables vraciens.

Elle prend son origine dans les infiltrations provenant soit de la nappe du artésienne par drainance vers le haut ou la présence des barres calcaire qui contient le toit de la nappe du continental intercalaire souvent fissurée et perméables.

Soit par les eaux de pluies ruisselant sur le glacis et se rassemblent dans la cuvette d'El-Goléa après des gros averses.

La nappe est aussi alimentée par l'excès des eaux d'irrigation et les pertes des tubages forages.

1. 7. 2. La nappe artésienne (l'aquifère du continental intercalaire) :

Les sables et grès appartenant à l'albien se trouvent au-dessous des couches argilo-calcaire d'une épaisseur de 20 à 30 m. qui renferment une nappe aquifère en charge qui représente la principale ressource de la région.

L'épaisseur de l'albien est de l'ordre de 600m. Les profondeurs de l'aquifère varient entre 65 à 250m en allant vers le nord. En dirigeant vers le sud, le phénomène de l'antisionisme commence à apparaître. Le très léger relèvement des bords de la cuvette à dimension considérables du Tademaït détermine cette artésianisme (nappe aquifère sous pression) ou nappe captive du fait de l'imperméabilité des marnes cénomaniennes.

L'étage albien présente selon G.CAPOT-REY (1958) des variations latérales de l'perméabilité dans les grès d'où l'impression que l'on se trouve en présence de plusieurs nappes dans la région d'El-Goléa, ces nappes peuvent être regroupées en cinq nappes :

- 1^{er} nappe à 30 mètres de profondeur : nappe ascendante.
- 2^{ème} nappe de 40 à 50 mètres de profondeur : nappe ascendante.
- 3^{ème} nappe de 65 à 75 mètres de profondeur : nappe ascendante.
- 4^{ème} nappe de 85 à 95 mètres de profondeur : nappe jaillissante.
- 5^{ème} nappe 110 mètres ou plus de profondeur : nappe jaillissante.

1.8. Conclusion :

L'oasis d'El Menia se trouve au centre de l'Algérie et abrite l'ensemble d'El Menia et Hassi El Gara. La superficie totale est de 49 000 km² et la densité de population est de 1,2 hab/km². L'agriculture est l'activité principale dans cette oasis, avec des cultures majeures comme les dattiers, les maraichères et les arboricultures.

Le climat de la région est un climat saharien de type hyper aride, avec un hiver froid, et un été chaud et sec. Les sols de cette oasis ont des profondeurs variables d'Est à Ouest et sans différence du Nord au Sud, ce qui est dû à l'irrégularité de la roche mère.

La faible pente (1 à 2%) du nord (amont) vers le sud (aval) caractérise l'allure générale des terrains. L'analyse de l'étude géologique de la zone d'étude menée par Fabre (2005) montre que le secteur d'étude est caractérisé par la présence de terrains d'âge secondaire repartis par un terrain ancien d'âge Cénomaniens inférieur à l'Ouest, de nature lithologique argileuse, déterminant une phase humide masquée par le Grand Erg Occidental. Les terrains de Cénomaniens moyen et supérieur se trouvent principalement à l'est.

La région d'El Menia bénéficie de deux nappes :

- Une nappe superficielle (phréatique) sur laquelle les puits sont implantés, elle est très proche de la surface du sol (2.5 m au maximum).
- Une nappe captive artésienne (CI) sur laquelle les forages sont implantés ; elle est plus profonde.

Chapitre 2 :

Hydro-climatologie de la zone d'étude

1. Introduction

Pour connaître les mécanismes d'alimentation et de circulation des eaux de surface et souterraines, une étude détaillée des données climatiques (précipitations et températures) est nécessaires. L'Algérie est un pays très connu par sa diversité bio-écologique vu les régimes climatiques qu'il possède avec un climat méditerranéen au Nord, un climat semi-aride aux hauts plateaux et enfin un climat aride au grand Sahara (MADP, 2013). Dans ce chapitre, nous allons présenter le contexte climatique de cette région, par une étude basée sur une synthèse des données climatiques disponibles sur 20 ans entre 2002 et 2022. Ces données ont été fournies par l'office national de la météorologie (ONM, 2022). La station de mesure des données climatiques est située à l'aéroport d'El Menia.

Tableau 01 Coordonnées de la station météorologique dans la région

Station	Coordonnées		
El Menia	Latitude	Longitude	Altitude
	30.57°N	2.87°N	397 m

2. Précipitations

Pour la plus grande partie du monde, les précipitations représentent la source principale d'eau pour la production agricole (Sadaoui, 2015). L'analyse des séries pluviométriques de cette région présente un moyen efficace pour étudier le fonctionnement et la répartition des écosystèmes (Ramade, 1984) ainsi que l'impact du changement climatique sur les mécanismes de l'écoulement des eaux des nappes.

2. 1. Variation interannuelles des précipitations :

L'analyse de l'histogramme des variations annuelles des précipitations effectuée sur une période de vingt ans (2002-2022) montre clairement que les années hydrologiques 2002/2003 et 2008/2009 sont les plus arrosées avec une précipitation de 146.16 et 108.73 mm respectivement, les deux années hydrologiques 2009/2010 et 2007/2008 sont les plus sèches avec des précipitations très faibles de l'ordre de 2.04 et 8.63 mm respectivement. Notons que la moyenne interannuelle de précipitation est 44.90 mm (Figure01)

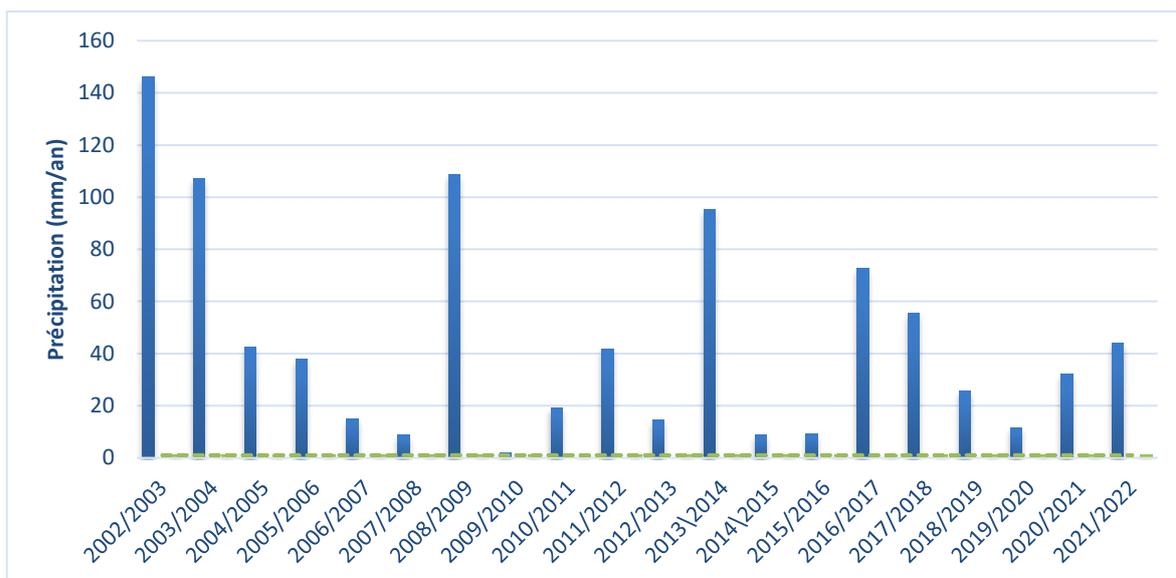


Figure 06 : Evolution précipitation annuelles d'ELMenia

2. 2. Variations moyennes mensuelles des précipitations :

L'histogramme des variations des moyennes mensuelles des précipitations, sur une période de vingt ans (2002-2022) montre que le mois d'octobre est le plus pluvieux. avec une précipitation de 7.65 mm tandis que le mois de Juin est le plus sec, avec 0.32 mm (Figure 2). Les observations faites sur la période 2002/2022 sont représentées sur le tableau suivant :

Tableau 02 précipitations moyennes mensuelles à la station d'ELMenia (2002/2022)

Mois	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Total (mm)
P (mm)	3.59	7.65	4.90	4.51	6.34	1.88	7.58	2.80	4.08	0.32	1.03	0.22	44.90

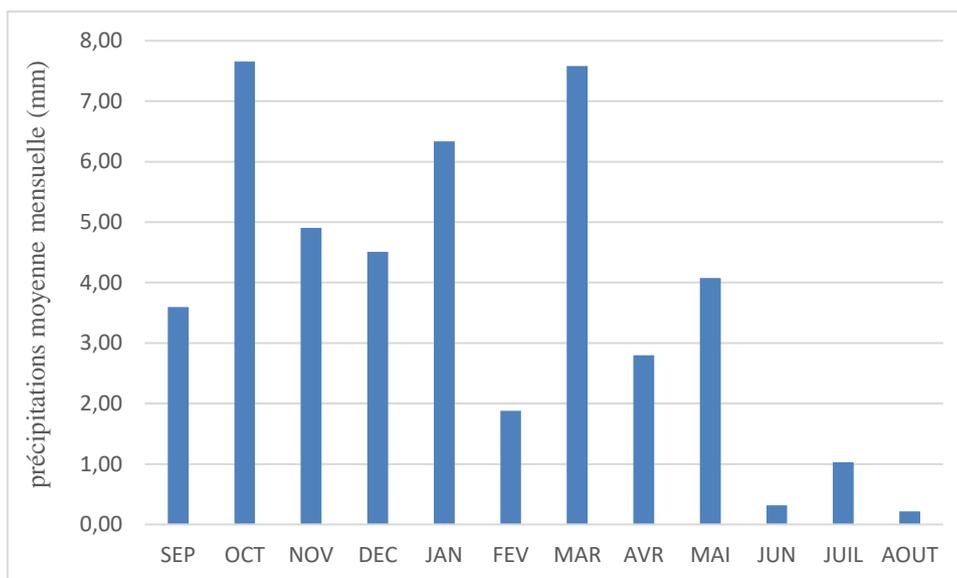


Figure 07 Evolutions des précipitations mensuelles d'El Menia (2002-2022)

3. Températures :

Vue son rôle prédominant dans le rayonnement et le bilan hydrique, La température représente un facteur écologique très important dans l'étude et la caractérisation des climats (Farah, 2014). Sa variation influe sur la transformation des eaux en vapeur, que ce soit à la surface ou dans le sous-sol. De ce fait, elle influe sur le degré d'évapotranspiration et par conséquent elle agit sur le taux de salinité des eaux. Toutefois, la température a un rôle important dans la variation des composantes du bilan hydrologique.

3. 1. Variation moyennes mensuelles des températures :

La région d'étude est caractérisée par un régime thermique chaud en été et doux en hiver, l'observation de l'histogramme des températures moyennes mensuelles (Figure 3) montre, que les variations de température moyenne mensuelle présentent une grande amplitude thermique entre l'hiver et l'été, les mois de juillet et août sont les mois les plus chauds en général avec des moyennes mensuelles de l'ordre de 35.74 et 34.77 °C et le mois le plus froid est janvier avec une moyenne de température de 10.29°C. Les observations faites sur la période 2002/2022 sont représentées sur le tableau suivant :

Tableau 03 Températures moyennes mensuelles à la station d'El Menia (2002/2022)

Mois	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août
T (°C)	30.42	24.05	15.80	11.32	10.29	13.14	17.49	22.85	27.80	32.89	35.74	34.77

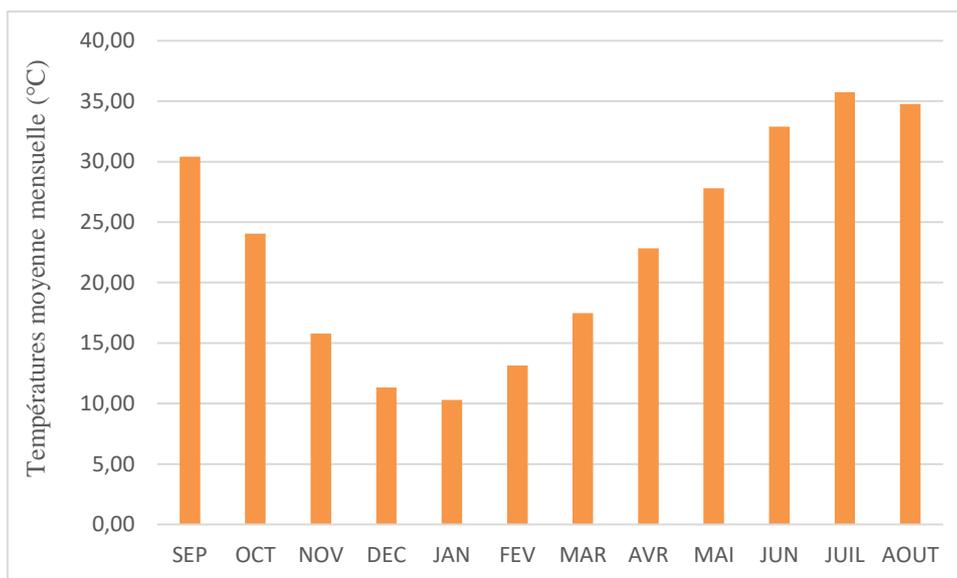


Figure 08 Histogramme des températures moyennes mensuelles de la zone d'étude (2002-2022)

4. Vent :

Le vent est le facteur principal de la topographie désertique. Pendant certaines périodes de l'année, en général en mars et avril, on assiste au Sahara à des véritables tempêtes de sable. Des masses de sable se déplacent avec violence atteignant plusieurs centaines de mètres de haut. Ces phénomènes peuvent durer d'un à trois jours et plus. Généralement c'est au printemps que les vents sont les plus forts, ils sont chargés de sables éoliens donnant au ciel une teinte jaune. L'analyse de l'histogramme des moyennes mensuelles des vents (2008- 2017) (Figure 04) dans la zone d'étude montre que la vitesse moyenne enregistrée est de 3.91 m/s avec un maximum de 4.64 m/s enregistré au mois de Mai.

Tableau 04 Vitesses moyenne mensuelles des vents en (m/s) à la station d'El Menia(2008-2017)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Feb	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
V (m/s)	4.07	3.7	3.5	3.29	3.36	3.85	4.17	4.62	4.64	4.28	3.75	3.69

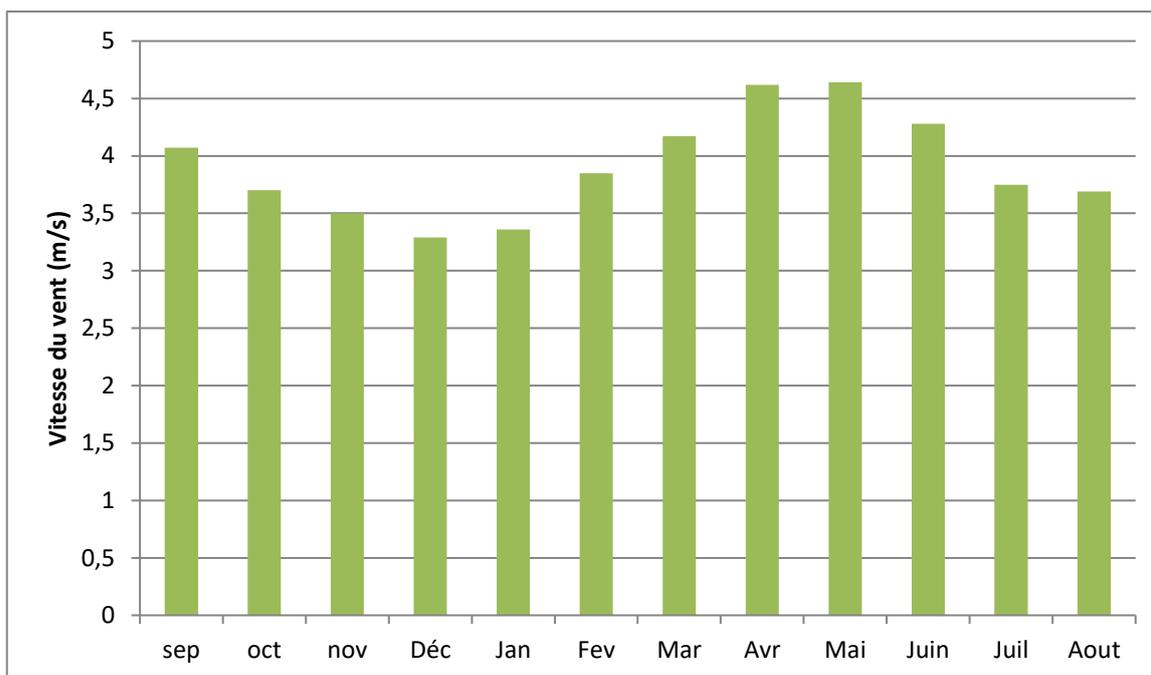


Figure 09 Histogramme de la vitesse moyenne mensuelle de vent de la zone d'étude (2008-2017)

5. Humidité :

L'humidité relative est définie comme étant le rapport entre la pression partielle de la vapeur d'eau dans l'air humide et la pression de saturation à la même température (Jannot, 2005). Elle est exprimée en pourcentage. L'histogramme de l'humidité relative (Figure 05) montre que la plus faible valeur de l'humidité dans cette région est enregistrée pendant le mois de juillet 21.8 %, alors que la valeur la plus forte est enregistrée pendant le mois de décembre avec une valeur de 60.15 % (Tableau 05)

Tableau 05 Humidité relative moyenne mensuelle en % à la station d'El Menia (2008-2017)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
Humidité	33.97	44.22	48.2	60.15	56.5	46.5	41.55	35.4	31	27.15	21.8	26.15

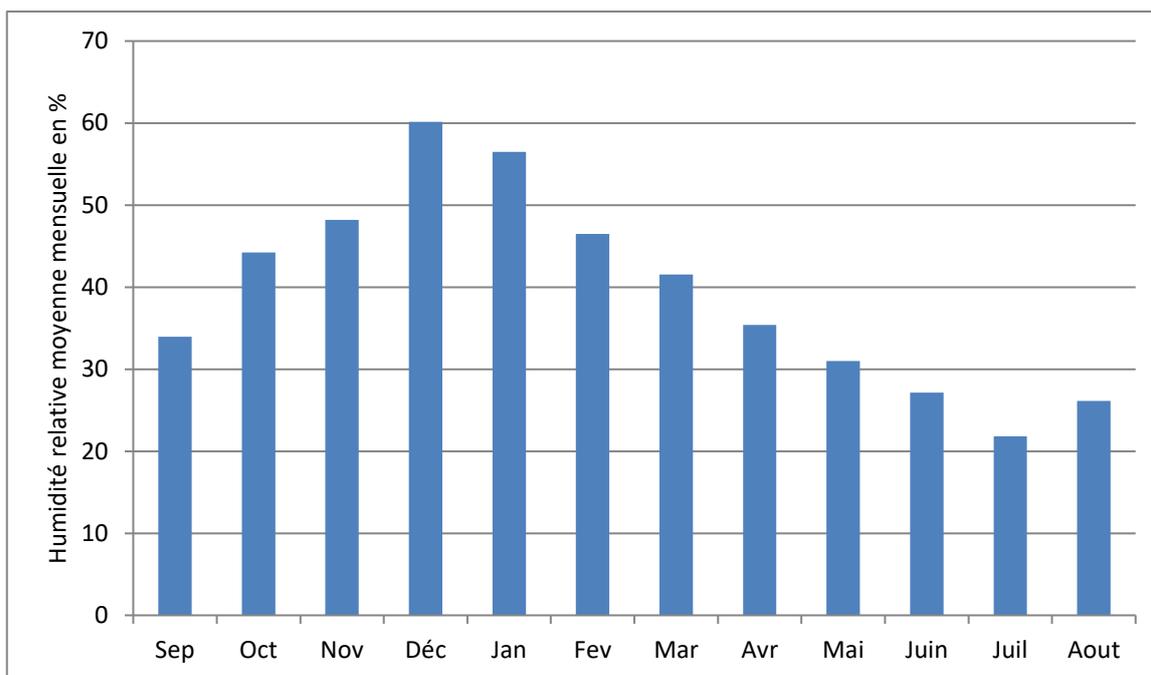


Figure 10 Histogramme de l'humidité moyenne mensuelle dans la zone d'étude (2008-2017)

7. Durée d'insolation :

L'insolation est la période durant laquelle le soleil brille le sol, l'augmentation de la radiation solaire provoque l'augmentation de l'évapotranspiration où une partie des radiations solaire absorbées par le sol et l'autre réfléchir, ce dernier dépend de la nature de sol et le type de la région environnante. La région d'El Menia reçoit une forte quantité de lumière solaire, le maximum est atteint au mois d'Aout avec une durée d'insolation de 337.21 heures et le minimum est enregistré au mois de Janvier avec une durée de 240.2 heures (Tableau 6 et Figure 06).

Tableau 06 Moyennes mensuelles de la durée d'insolation à la station d'El Menia (2008-2017)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
Insolation (heures/mois)	261.54	268.96	260	248.53	240.2	249.3	266.1	277.9	314.2	275.5	334.75	337.21

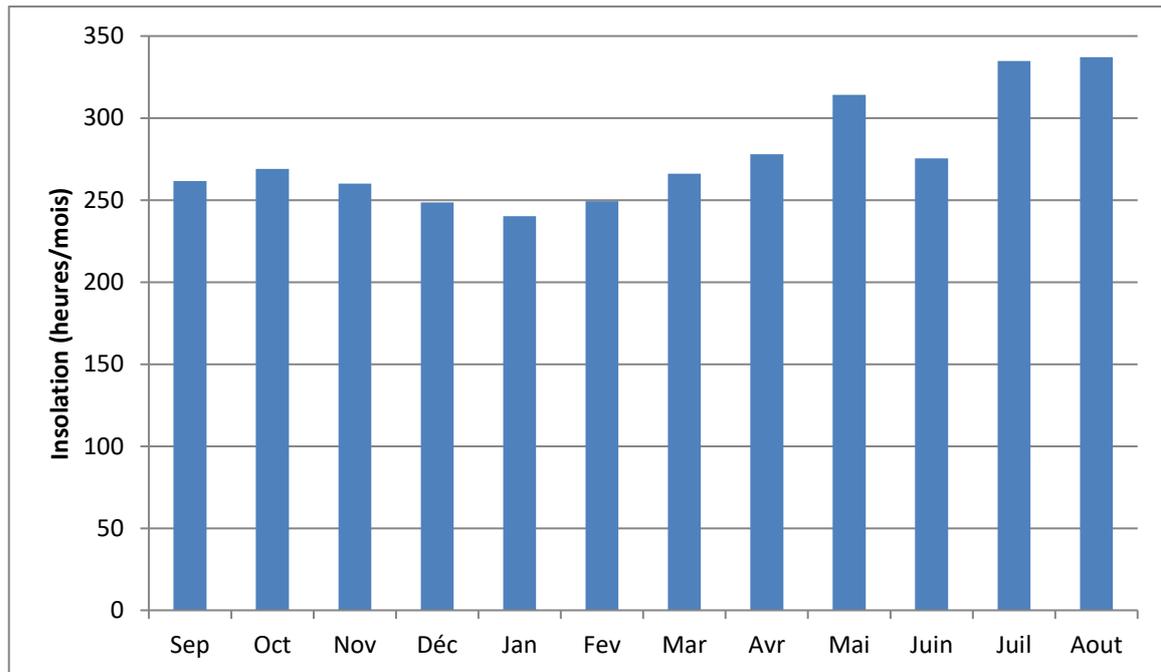


Figure 11 :Diagramme d'insolation moyenne mensuelle (2008- 2017).

Selon Gaussen et Bagnouls (1954), une saison sèche est marquée par une température supérieure que la précipitation ($P < 2T$). Cet indice tient compte des moyennes mensuelles des précipitations (P en mm) et de la température (T en °C) et donne une expression relative à la sécheresse estivale en durée et en intensité. A partir de cette définition, on a une saison sèche unique aux cours de toute l'année néanmoins le mois de janvier qui présente une phase fraîche lié à des faibles valeurs de température, et de précipitation moyennement modeste (Figure 07).

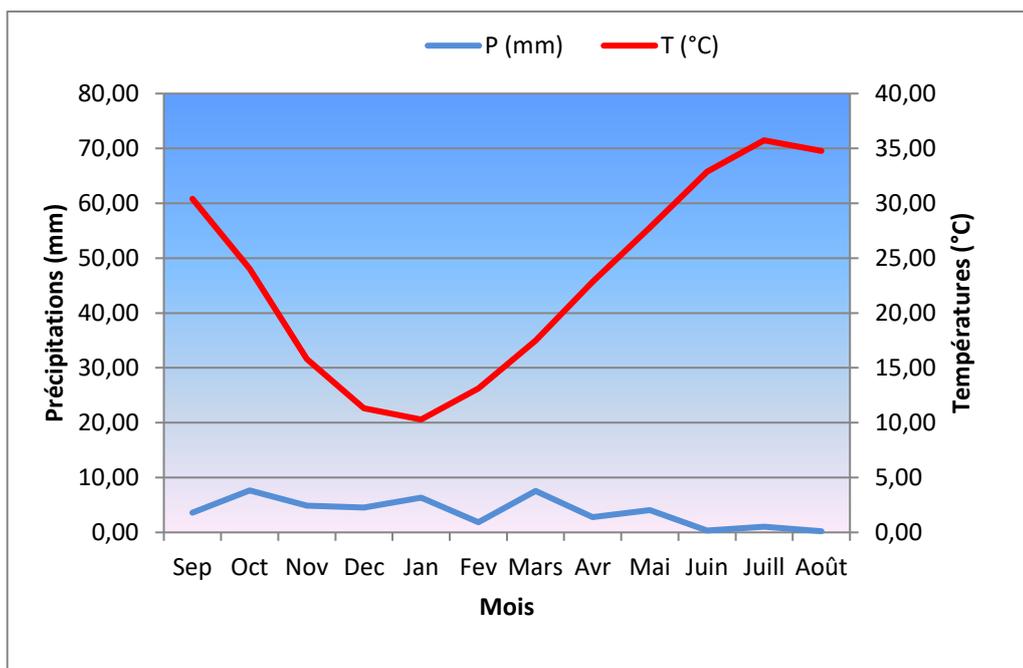


Figure 12 : Diagramme Ombrothermique de Gaussen à la station d'El Menia

7. Climagramme de Louis Emberger :

Pour déterminer les types de climat de la zone méditerranéenne, Emberger (1955) a proposé la détermination d'un quotient pluviométrique Q. Ce quotient dépend de la précipitation moyenne annuelle et les moyennes des températures minima et maxima, respectivement des mois les plus froids et les plus chauds. On peut le calculé par la formule suivante :

$$Q = \frac{2000.P}{(M-m)(M+m)} \dots\dots\dots(2)$$

Avec :

Q : facteur des précipitations d'Emberger .

P : Précipitation moyenne annuelle (mm) .

M : moyenne des maxima du mois le plus chaud (degrés/Kelvin).

m : moyenne des minima du mois le plus froid (degrés/Kelvin).

Le calcul de facteur d'Emberger dans la zone d'étude donne les résultats suivants :

P = 44.90mm.

M = 308.15 °K .

m = 281.15 °K.

Q = 8.33 mm/°K

Selon la position sur le Diagramme d'Emberger (Figure 08) la zone d'étude est caractérisée par un climat saharien avec un hiver chaud.

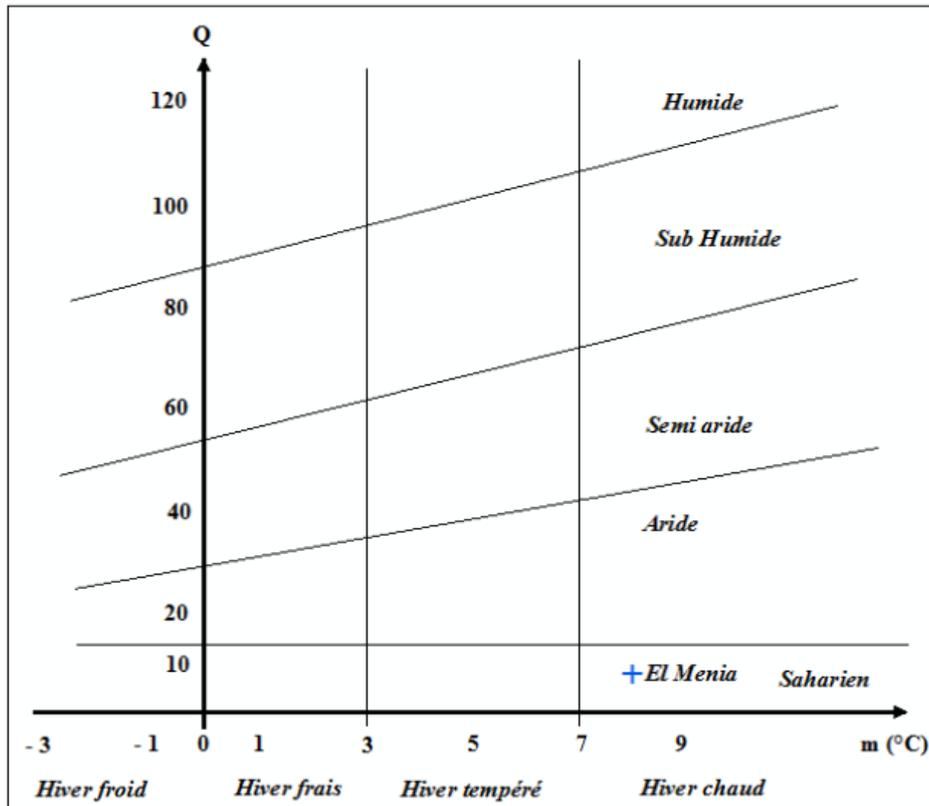


Figure 13 :Climagramme d’Emberger de la région d’El Menia

8-Bilan hydrique :

Le bilan hydrique est établi pour un lieu et une période donnés par comparaison entre les apports et les pertes en eau dans ce lieu et pour cette période. Il tient aussi compte de la constitution de réserves et des prélèvements ultérieurs sur ces réserves. Les apports d’eau sont effectués par les précipitations. Les pertes sont essentiellement dues à la combinaison de l’évaporation et la transpiration des plantes, que l’on désigne sous le terme d’évapotranspiration. Les variables qui composent un bilan hydrique se présentent comme suites :

- Les pluies efficaces P_e :
- La fraction de la réserve facilement utilisable du sol RFU ;
- Les besoins en eau maximale pour chaque culture ETM ;
- La contribution effective de l’eau du sous-sol apporté à la zone racinaire des plantes par la nappe phréatique (Dorenbos et Pruit, 1976).

Le bilan est calculé suivant la formule :

$$P = ETR + R + I + Wa \dots \dots \dots (3)$$

Avec:

P : Précipitations moyennes mensuelles (mm) .

ETR : Évapotranspiration réelle (mm) .

R : Ruissellement (mm).

I : Infiltration (mm) .

Wa : Variation des réserves (négligeables).

9-1-Évapotranspiration :

ET est la perte totale d'une lame d'eau sous forme de vapeur, d'une culture par évaporation et transpiration pendant un laps de temps donnés. Plusieurs expressions empiriques, introduisant les paramètres climatiques, ont été établies pour l'évaluation de l'évapotranspiration réelle (ETR) et/ou potentielle (ETP).

9-1-1.Évapotranspiration potentielle (ETP) :

L'ETP est la quantité d'eau qui peut passer dans l'atmosphère en fonction du seul état de celle-ci, en supposant que la quantité d'eau disponible ne soit pas un facteur limitant. C'est un paramètre difficile à évaluer directement car, c'est délicat de mesurer directement le flux de vapeur d'eau dans l'atmosphère. Théoriquement, on peut définir l'ETP comme étant la quantité d'eau évaporable par une surface d'eau libre.

9-1-1-1 calcule de l' ETP :

L'ETP peut être calculé par plusieurs formules (Thornthwaite, Turc, Primault,... etc), dans notre cas, La formule utilisée est celle de Thornthwaite (1948) vue que les résultats obtenus sont les plus cohérents dans les zones méditerranéennes (Rkiouak, 1996) :

$$ETP = 16(10T/I)^a .K(4)$$

Avec :

ETP : évapotranspiration potentielle en (mm) .

T : température moyenne du mois en (°C) .

I = $\sum i$ avec $i = (T/5)^{1.514}$ I = 50.11

I : indice thermique annuelle.

i : indice thermique mensuelle.

a : l'exposant climatique ; $a = (1,6 \times I/100) + 0,5$, $a = 1,3$

K : un coefficient d'ajustement mensuel.

L'évapotranspiration potentielle moyenne annuelle obtenue est de 1256.0mm. La valeur maximale est observée au mois de juillet (271.10 mm) et la valeur minimale est enregistrée au mois de janvier (7.90 mm).

9-1-2.Évapotranspirationrèlle (ETR) :

Par définition l'ETR est la quantité d'eau évaporée effectivement par le sol et les surfaces d'eau libres ou transpirée par les végétaux. Elle est calculée à l'aide de la formule du Turc (1954).

Avec : $ETR (mm/an) = P / (0,9+P^2/L^2)^{1/2}$

ETR : Évapotranspiration réelle en (mm) .

L = $300 + 25 T + 0.05 T^3$.

T : Température moyenne annuelle de l'air en (°C) .

P : Précipitation moyenne annuelle en (mm).

Après application sur notre zone d'étude, $ETR = 47.33mm$.

9-2.Calcul du Billan hydrologique selon c.w.Thorntwaite :

Cette méthode est basée sur la notion de réserve en eau facilement utilisable (notée RFU). On admet que le sol est capable de stocker une certaine quantité d'eau (la RFU); cette eau peut être reprise pour l'évaporation par l'intermédiaire des plantes. On établit ainsi un bilan à l'échelle mensuelle, à partir de la pluie du mois P, de l'ETP et de la RFU. Le calcul du bilan est basé sur deux cas :

- Premier cas : si $P > ETP$, alors $ETR = ETP$

Il reste un excédent ($P - ETP$) qui est affecté en premier lieu à la RFU, et si la RFU est complète, à l'écoulement Q.

- Deuxième cas : si $P < ETP$:

$P_i + RFU_{i-1} > ETP \rightarrow ETR = ETP$

$P_i + RFU_{i-1} < ETP \rightarrow ETR = P_i + RFU_{i-1}$

Il est courant, dans l'étude des bilans hydriques de comparer les précipitations P et

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}} \dots \dots \dots (5)$$

l'évapotranspiration potentielle ETP, ce qui permet de distinguer des situations différentes en fonction de l'écart qui sont directement significatifs pour un lieu ou une période donnée :

- **Si $P < ETP$,** l'évapotranspiration réelle sera égale à la précipitation P ; il y aura prélèvement sur les réserves, absence d'écoulement ; la période sera dite déficitaire.
- **Si $P > ETP$,** l'évapotranspiration réelle sera égale à l'ETP, il y aura écoulement et constitution de réserves ; la période sera dite excédentaire.

Ainsi pour le calcul de déficit agricole (Da) on utilise la formule :

$$D_a = ETP_i - (P_i + RFU_i)$$

L'excédent (Ex) représente la partie de ruissellement et d'infiltration et déterminé par la relation :

$$Ex = P - ETR$$

L'application de la méthode 1 de Thornthwaite pour le calcul du bilan a donné les résultats qui sont consignés dans le tableau 11 :

Tableau 07 Bilan hydrique à la station d'El Menia (1995/ 2017) par la méthode de Thornthwait

	Tp	IT	CL	ETPC	Pr	BH	CH	VR	RU	ETPR	Def	Exc
S	30.42	15.4	1.03	149.1	3.59	-145.6	-1.0	0.0	0.0	3.6	145.6	0.0
O	24.05	10.8	0.97	77.0	7.65	-69.4	-0.9	0.0	0.0	7.7	69.4	0.0
N	15.80	5.7	0.86	23.3	4.90	-18.4	-0.8	0.0	0.0	4.9	18.4	0.0
D	11.32	3.4	0.81	9.4	4.51	-4.9	-0.5	0.0	0.0	4.5	4.9	0.0
J	10.29	3.0	0.87	7.9	6.34	-1.6	-0.2	0.0	0.0	6.3	1.6	0.0
F	13.14	4.3	0.85	14.4	1.88	-12.5	-0.9	0.0	0.0	1.9	12.5	0.0
M	17.49	6.7	1.03	36.2	7.58	-28.6	-0.8	0.0	0.0	7.6	28.6	0.0
A	22.85	10.0	1.10	76.6	2.80	-73.8	-1.0	0.0	0.0	2.8	73.8	0.0
M	27.80	13.4	1.21	139.1	4.08	-135.0	-1.0	0.0	0.0	4.1	135.0	0.0
J	32.89	17.3	1.22	215.6	0.32	-215.3	-1.0	0.0	0.0	0.3	215.3	0.0
J	35.74	19.6	1.24	271.1	1.03	-270.0	-1.0	0.0	0.0	1.0	270.0	0.0
A	34.77	18.8	1.16	236.3	0.22	-236.1	-1.0	0.0	0.0	0.2	236.1	0.0
Annuel	23.04	128.5		1256.0	44.9	-1211.1				44.9	1211.1	0.0

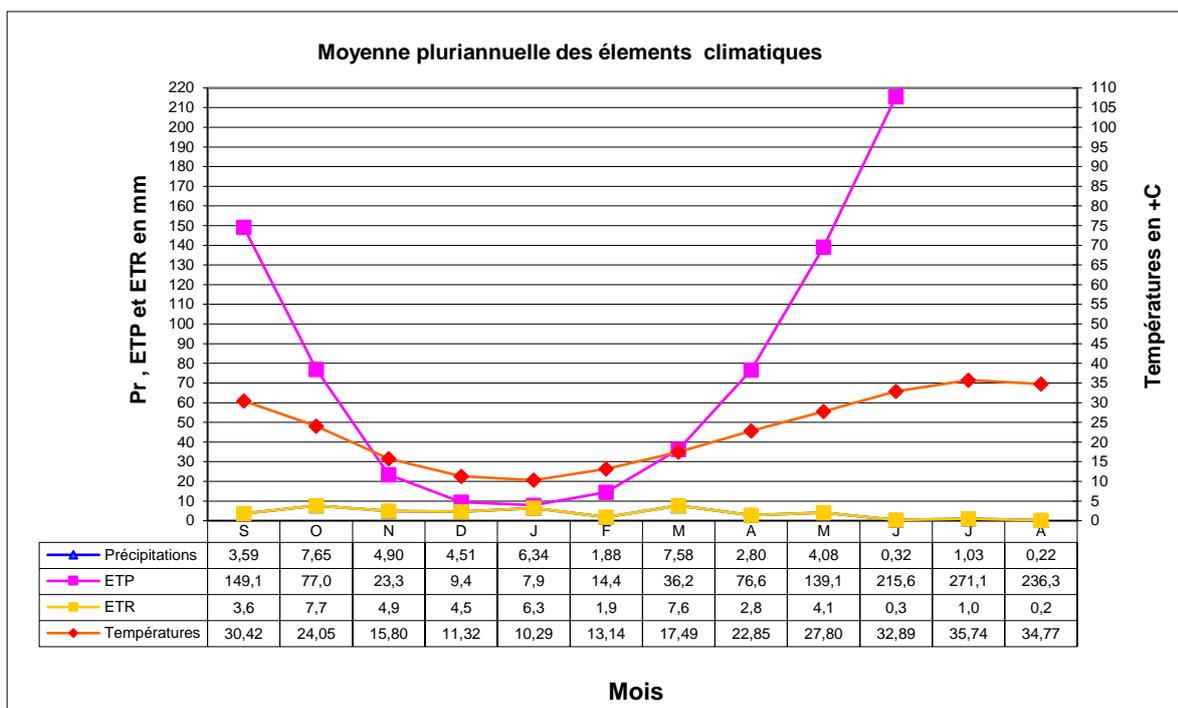


Figure 14 : Moyennes pluriannuelles des éléments climatiques à la station d’El Menia pour la période (2000-2020).

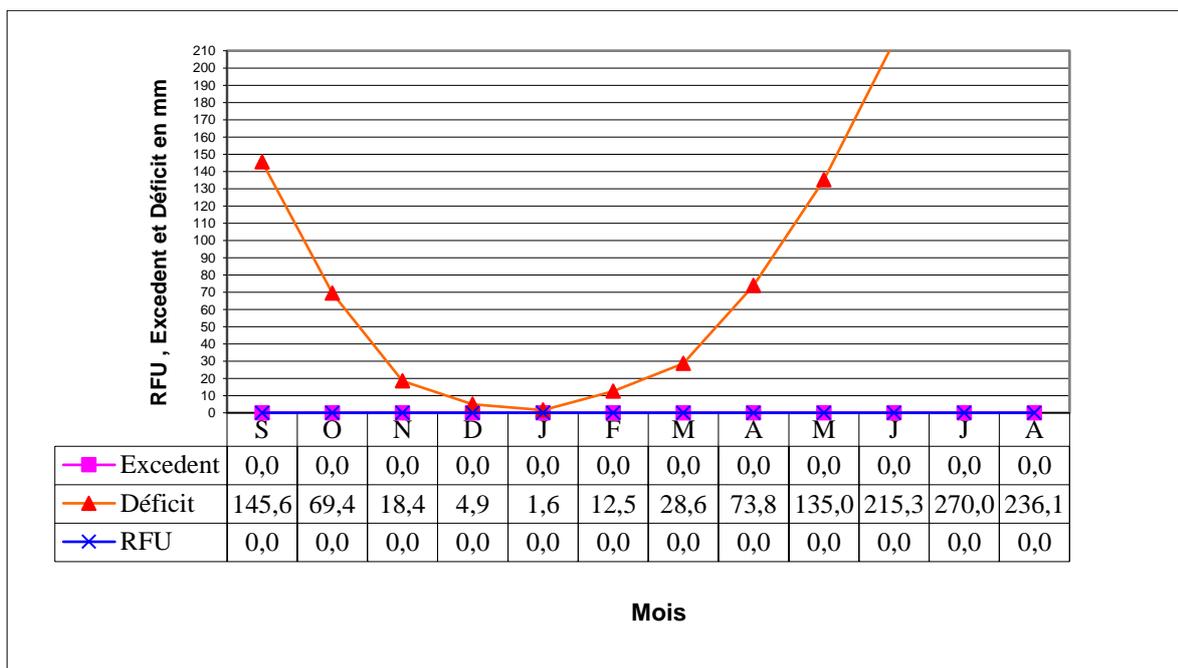


Figure 15 : Diagramme de la variation de la RFU, du déficit agricole et de l'excédent à la Station d’El Menia (2000-2020).

9-2-2. Interprétation du bilan hydrique :

La zone d'étude reçoit des précipitations moyennes annuelles égales à 44.90 mm, avec une température moyenne annuelle de 23.40 °C.

L'évapotranspiration potentielle (ETP) atteint son maximum au mois de juillet avec 271.1 mm, et son minimum au mois de Janvier (7.9 mm), le total de l'ETP est de 1256mm.

L'évapotranspiration réelle (ETR) totale est de l'ordre de 44.9 mm, hors ce paramètre égale 47.33 mm par la formule de Turc, la moyenne est donc égale à 44.11mm.

Le déficit agricole est présent pendant tous les mois de l'année, elle atteindra son maximum au mois de juillet 270.0mm.

L'excédent est nul pendant toute l'année alors que la réserve facilement utilisable ne figure pas durant toute l'année.

9-3.Ruissellement :

Le ruissellement peut être estimé par la formule Tixeront et Berkallof (1958):

$$R = \frac{P^3}{3 \cdot ETP^2} \dots \dots \dots (6)$$

Avec:

R : Ruissellement moyen annuelle en mm/an .

P : Précipitations moyennes annuelles en mm/an .

ETP : Évapotranspiration potentielle moyennes annuelle en mm/an.

Application numérique : P = 44.9 mm, ETP = 1256.0 mm/an, R = 00.00 mm/an soit 00.00% des précipitations moyennes annuelles

10-4.Infiltration efficace (Ie)

L'infiltration efficace est calculée à partir de la formule suivante :

$$P = ETR + R + Ie \rightarrow Ie = P - (ETR + R) \dots \dots \dots (7)$$

Avec:

R : Ruissellement moyen annuelle en mm/an .

P : Précipitations moyennes annuelles en mm/an .

ETP : Évapotranspiration réellemoyennes annuelle en mm/an.

Application numérique : P = 44.90 mm/an, ETR = 44.9 mm/an, R = 00.00 mm/an Ie = 00.00 mm/an.

L'infiltration efficace I_e est de l'ordre de 00.00 mm/an soit 00.00 % des précipitations moyennes annuelles.

10-conclusion :

La région d'El Menia est caractérisée par un climat saharien de type hyper aride, avec un hiver froid, et un été chaud et sec, influencé par sa position géographique et son relief. La moyenne annuelle des précipitations est 44.9 mm, la température moyenne annuelle est égale à 23.4 °C. Le calcul du bilan hydrique nous permet de ressortir les résultats présentés dans le tableau 08 :

Tableau 08 Résultats du bilan hydrique

Paramètres	Valeurs
P : Précipitations moyennes annuelles :	44.9 mm/an
T : Température moyenne annuelle :	23.4 °C
ETP : Évapotranspiration potentielle :	1256.0 mm/an
ETR : Évapotranspiration réelle :	44.9 mm/an
DA : Déficit agricole :	1211.1 mm/an
EXC : Excédent :	0 mm/an
R : Ruissellement :	0.00 mm/an
I_e : Infiltration efficace :	0.00 mm/an

Chapitre 3

Matériels et méthodes

III. 1. Introduction :

Les changements climatiques ne sont plus une curiosité scientifique depuis longtemps. Ils sont la principale préoccupation environnementale qui prévaut dans notre vie. Nous avons décidé que c'était nécessaire de définir certains concepts clés en relation avec le changement climatique, ainsi que la sécheresse et ces indices (SPI et RDI), en raison de la quantité considérable de littérature sur le sujet.

Dans notre étude et afin d'évaluer et surveiller la sécheresse météorologique dans le but de prouver l'existence d'une sécheresse et adopter le meilleur scénario pour notre gestion, on va utiliser l'Indice des précipitations normalisées (SPI) et l'Indice de reconnaissance de la sécheresse (RDI), le premier indice se base sur les précipitations moyennes mensuelles seulement et le second en plus des précipitations moyennes mensuelles, il se base aussi sur l'évapotranspiration potentielle déterminée à l'aide des températures moyennes mensuelles.

III. 2. Approche méthodique :

Dans le cadre de la réalisation de ce travail nous avons établi les étapes suivantes :

✓ La recherche bibliographique: Cette phase nécessite la consultation d'un certain nombre de documents, différents rapports et articles scientifiques ayant traité le thème étudié au niveau de : - La bibliothèque centrale de l'université Ziane Achour à Djelfa. - La bibliothèque de la Faculté des Science de la Nature et de la Vie et du Département des Sciences de la Terre et de l'Univers. - Des différents sites d'internet.

✓ Collecte des informations: Durant cette phase, nous avons essayé de recueillir toutes les données statistiques et cartographiques auprès des différents organismes. Parmi nos sources d'informations, nous DRE: Direction des Ressources en Eau.

- ONM: Office National de la Météorologie.

- ONS: Office National des Statistiques.

- DPSB : Direction de la Programmation et du Suivi Budgétaires.

- RGPH: Recensement Général de la Population et de l'Habitat.

- DSA: Direction des Services Agricoles (El Mnieaa). Dépouillement et analyse des informations collectées : Durant cette phase, nous avons exploité, traité et analysé les données

Afin d'arriver à:

-Faire un diagnostic quantitatif des ressources en eau existantes tout en évaluant les potentialités hydriques dans la région mniecea.

-Calculer les besoins actuelle et future pour pouvoir faire une confrontation des besoins et de l'offre dans le but d'avoir une idée sur l'année de transition vers le déficit.

- Evaluer et surveiller la sécheresse et son impact sur les ressources en eau existantes, afin d'adapter le meilleur scénario et essayer de faire une bonne gestion des ressources existantes .

III. 3. Données de base :

La demande en eau dans la région est sectorialisée suivant les trois principaux consommateurs : la Population, l'Agriculture et l'industrie. La base des données de notre zone d'étude a concerné les paramètres suivants :

- La Population dont les recensements de 2017.
- L'Agriculture avec ses composantes irrigations et cheptel.
- L'Industrie :comme un troisième consommateur. Précipitations et températures moyennes, mensuelles des mnieaa (1995- 2017). III. 2.1. Population : La population des ville de mnieaa connu un taux d'accroissement de 2,33%.

III.3. 1. Agriculture:

La Superficie agricole totale de notre zone d'étude dépasse les 370 milles hectares, cependant la surface irriguée ne dépasse pas 235750 ha , ainsi que le nombre du cheptel est de l'ordre de 72000 têtes selon la direction du service agricole de la wilaya d'El mnieaa 2017.

III. 3. 2. Industrie :

c'est le troisième consommateur après la Population et l'Agriculture; la superficie industrielles'étend sur une superficie de 345 ha; avec une augmentation de (2 .5%)des besoins actuels toutes les cinq années .

Données	La zone d'étude
Nombre de population en 2017 (hab)	5800
Potentialités hydrique (Hm ³ /an)	283
Volume d'eau alloué en (Hm ³ /an)	78.5
Dotation théorique en eau potable (L/J/hab)	200
Superficie agricole utile en irrigué (ha)	235752
Nombre du cheptel (Tête)	72000
La Superficie industrielle (ha)	345

Tableau 09: Tableau récapitulatif des données exploitées.(DSA2017)

III. 3. 3. Diagnostic quantitatif des ressources en eau:

(Ce diagnostic nous donne une idée sur le potentiel hydrique de la zone d'étude)

-La zone d'étude est située dans un contexte naturel caractérisé par un climat hyper aride, cette situation implique le recours à l'exploitation des eaux souterraines la seule ressource hydrique qu'existe dans cette région.

La majorité du potentiel hydrique souterrain de l'oasis d'El Menin est représenté par des forages exploitent la nappe du Continental intercalaire, et quelques puits qui captent la nuppephreatique. D'après le bilan actuel de l'ABH de Ouargla, on a dénombré près de 460 forages répartis à travers la zone d'étude qui mobilise un volume de 283.74 hm' destinés essentiellement à l'irrigation, et un faible débit pour l'alimentation en eau potable et l'industrie. d'étude.

III. 4. Calcul des besoins en eau des wilaya d'El Mnieaa:

Ce calcul va nous permettre d'avoir une idée sur les besoins futurs (l'horizon 2017_2037) des différents secteurs : l'alimentation en eau potable (AEP), l'alimentation en eau pour l'agriculture (AEA) et l'alimentation en eau pour le secteur industriel (AEI).

Les besoins vont être calculées en se basant sur les estimations de l'accroissement du nombre d'habitants avec une dotation théorique de l'ordre de 200 l/j/ha (fixée par la DRE de mnieaa) et une extension des terres irriguée de 23ha chaque année, ainsi que les besoins du cheptel avec une dotation de (2.5 l/j/tête) et une évolution de 1% des espèces élevés chaque année, ces deux nous donne les besoins de l'AEA de (146.6hm³/an) et enfin les besoins en eau pour l'industrie,de (4.47hm³/an) - Selon les résultats présentés Les besoins globaux en eau actuelle dans l'oasis d'El Menia sont de l'ordre de 154.98 hm³/an en 2017, ces besoins s'élèvent à 213.82 hm³/an à l'horion 2022 pour atteindre 342.68 hm³/an à l'horizon 2037. Le tableau 42 résume les résultats obtenus:

Tableau 10 : Besoins en eau totale (hm³/an) dans la zone d'étude

Horizon	2017	2022	2027	203
AEP	3.91	4.26	4.61	5.31
AEA	146.6	202.12	241.78	321.1
AEI	4.47	7.44	10.42	16.27
Total	154.98	213.82	256.81	342.68

III. 5. Type de la sécheresse :

III. 5. 1. Sécheresse météorologique :

Elle est caractérisée par un déficit des précipitations, solides et liquides. Ainsi, il s’agit d’une période, qui peut varier du mois à l’année, voire dans des cas extrêmes, a plusieurs années, durant laquelle les précipitations sont inférieures à la normale.

III. 5. 2. Sécheresses hydrologiques :

Les sécheresses hydrologiques peuvent à la fois définir le débit d’un cours d’eau comme trop faible mais peuvent aussi représenter le fait qu’un réservoir du sol ou du sous-sol n’est pas suffisamment réalimenté.

III. 5. 3. Sécheresses agricoles :

Les sécheresses agricoles (ou édaphiques) sont caractérisées par un déficit lié à la réserve en eau du sol. Il s’agit d’une période durant laquelle l’humidité du sol est inférieure à sa valeur moyenne, ce qui a des conséquences directes sur la végétation, qu’elle soit naturelle ou cultivée.

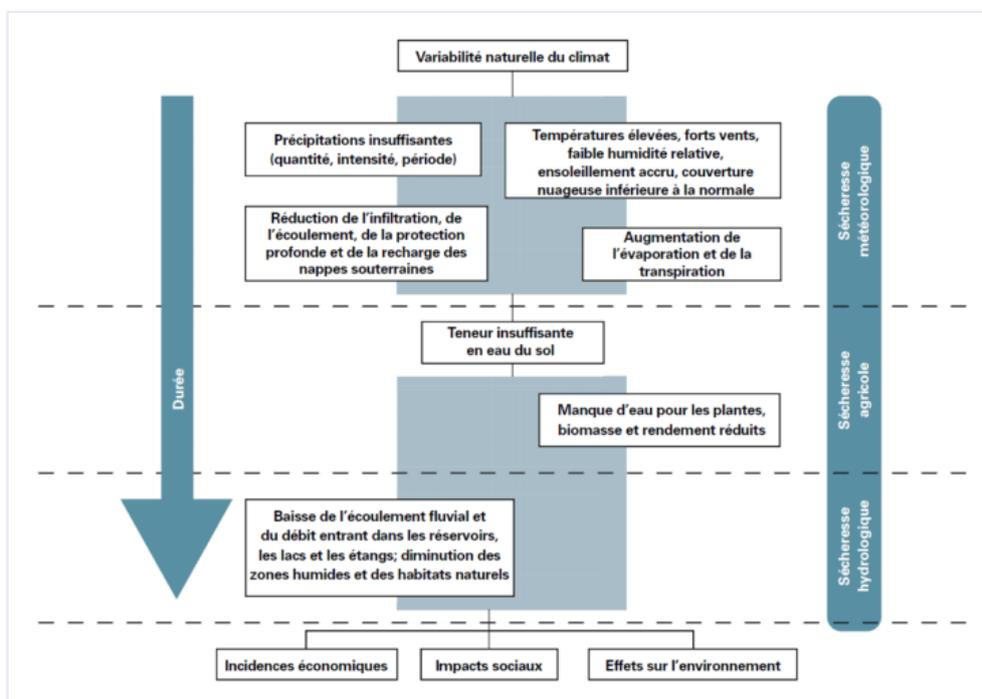


Figure 16 .Types de sècheresses (www.wikipedia.org)

III. 5. 4. Les caractéristiques de la sécheresse :

Il y a des caractéristiques fondamentales (sévérité, durée et distribution spatiale) et des caractéristiques supplémentaires fréquence, ampleur ou le déficit cumulé, prévisibilité, taux d'apparition et le moment.

- Sévérité : C'est le degré d'impact résultant du déficit, ou du déficit de précipitation ;
- Durée : Elle variait d'une semaine à quelques années ;
- Distribution spatiale ou L'étendue géographique : La superficie que couvre la sécheresse ;
- La magnitude : Dans la période de sécheresse le déficit accumulé en eau en dessous d'un certain seuil ;
- La fréquence : C'est la période de retour d'une sécheresse, le temps moyen entre les événements de sécheresse.

III. 5. 5. Les indices de l'évaluation de la sécheresse :

- l'indice des précipitations normalisées (SPI) :

C'est un indice permettant de mesurer la sécheresse météorologique. Il s'agit d'un indice de probabilité qui repose seulement sur les précipitations. Les probabilités sont standardisées de sorte qu'un SPI de 0 indique une quantité de précipitation médiane (par rapport à une climatologie moyenne de référence, calculée sur 30 ans). L'indice est négatif pour les sécheresses, et positif pour les conditions humides (Mc Kee et al., 1993).

$$SPI = (p_i - p_m) / \sigma$$

P_i : est la Précipitation de l'année i .

P_m : la Précipitation moyenne.

σ : la Déviation standard ou écart type.

- Valeurs et signification du SPI :

$SPI > 0$: Plus de précipitations que la normale (plus humide) ;

$SPI < 0$: Moins de précipitations que la normale (plus sec) ;

$-0.99 < SPI < +0.99$: Précipitations proches de la normale ;

$SPI < - 2.0$: Extrêmement sec ;

SPI > 2.0 : Extrêmement humide.

- L'indice de la reconnaissance de la sécheresse RDI :

C'est un indice permettant de mesurer la sécheresse météorologique. Il abordait le déficit en eau, il intègre l'évapotranspiration potentielle avec les précipitations.

- Valeurs et signification du RDI :

RDI < -2 Extrêmement sec

$-2 \leq \text{RDI} \leq -1,5$ Sévèrement sec

$-1,5 \leq \text{RDI} \leq -1$ Modérément sèche

$-0,5 \leq \text{RDI} \leq +0,5$ Ordinaire

$+1 \leq \text{RDI} \leq +1,5$ Modérément humide

$+1,5 \leq \text{RDI} \leq +2$ Très humide

$\geq +2$ RDI > +2 Extrêmement humide

I. 7. La différence entre Sécheresse et aridité :

La sécheresse s'explique par un déficit pluviométrique temporaire, qui n'est pas propre au climat de la zone touchée mais qui dure suffisamment longtemps pour être dommageable.

L'aridité s'explique par une faiblesse des précipitations moyennes (moins de 250 mm/an) associée à une forte évapotranspiration (plus de 2000 mm). Le manque de pluie est une caractéristique permanente du climat de la zone. Elle concerne les régions où les pluies sont rares et les températures sont élevées.

III. 6. Software :

La détermination des deux indices a été effectuée à l'aide du logiciel DrinC. Drought Indices Calculator est un progiciel, qui a été développé pour fournir une simple interface adaptable pour calculer les indices de sécheresse. L'échelle de temps la plus utilisée pour l'analyse de la sécheresse est une année. Le logiciel peut être utilisé dans une variété d'applications telles que la surveillance de la sécheresse, l'évaluation de la répartition spatiale de la sécheresse, l'étude des scénarios climatiques et de la sécheresse.

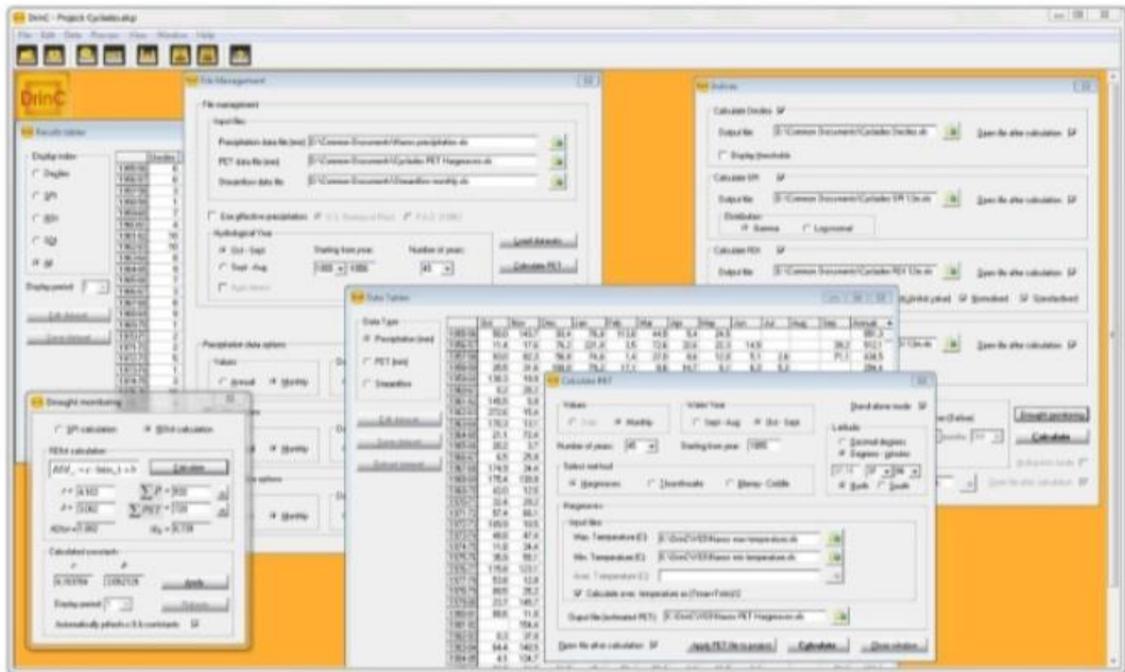


Figure 17 : Interface du logiciel DrinC.

III. 7. Conclusion :

Tous les éléments du climat agissent en même temps pour former un milieu climatique. En résumé, le climat est constitué d'une part, par une source d'énergie d'origine solaire dont les caractéristiques déterminées par la variation des facteurs cosmiques, et d'autre part, par des interrelations souvent complexes et non-étroites entre les cinq grandes entités naturelles. Ces entités sont : l'atmosphère, l'hydrosphère, la lithosphère, la cryosphère ainsi le phénomène de sécheresse et ses caractéristique et ces indices. Les indices les plus couramment utilisés pour la Surveillance de la sécheresse sont l'indice de sécheresse de Palmer (PDI) et l'indice de Précipitations Standardisé SPI et l'indice hydrométrique SDI.

Chapitre 4

Résultats et Discussion

IV. 1. Introduction :

Notre zone d'étude fait partie des régions climatiques sahariens, et on se basant sur des séries d'observations climatiques de 31 ans de la station météorologique d'El Menia, le présent chapitre traite de la partie dans laquelle on réalise des calculs à l'aide d'un code programmé (DrinC) en utilisant les indices pluviométriques et hydrographiques cités dans le chapitre matériels et méthodes. Enfin, une discussion de tous les résultats du travail afin de mettre en valeur les interprétations, les comparaisons et les conclusions.

IV. 2. Logiciel DrinC :

DrinC est un logiciel PC autonome fonctionnant sous les plates-formes Windows. L'objectif principal du logiciel est de faciliter la procédure de calcul des indices de sécheresse, qui peut être une tâche compliquée, en particulier dans le cas de l'évaluation de la distribution spatiale des indices. DrinC permet de calculer trois indices de sécheresse :

- DP (Déciles Précipitation).
- SPI (Indice de Précipitation Standardisé).
- RDI (Indice de Sécheresse de Reconnaissance).

Aussi : l'évapotranspiration potentielle avec trois méthodes : méthode de Thornwaite, méthode de Hargreaves et la méthode de Blaney –Criddle.

Installation du logiciel : La configuration système recommandée pour DrinC est un ordinateur à processeur Pentium 4 avec 128 Mo de RAM et une version de MS Excel (97 ou supérieure) installée. Exécutez l'application «DrinC setup.exe» pour initialiser la configuration du logiciel et suivez les instructions de l'assistant pour terminer le processus d'installation. Le programme DrinC est téléchargeable gratuitement

***Entrée des données :**

Les données d'entrée sont les précipitations annuelles ou mensuelles pour le calcul des déciles et du SPI, tandis que des données d'évapotranspiration potentielle (PET) sont également nécessaires pour le calcul du RDI. Il est également possible d'utiliser les données de température pour calculer le PET selon la méthode de Thornthwaite. Notons qu'une série de données d'au moins 30 ans doit être disponible pour obtenir des résultats fiables

Températures T min mensuelles: Station d'El Menia (1991-2022)													
T min	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Août	Sep	moy T Min
1991-1992	14.9	7.1	4.2	2.0	6.1	9.7	12.1	17.6	21.2	25.4	24.9	21.5	13.9
1992-1993	16.2	9.0	6.0	3.9	5.5	9.1	13.0	18.7	25.1	27.1	25.6	22.1	15.1
1993-1994	15.6	11.2	4.4	4.2	6.0	12.4	19.9	18.3	25.1	25.4	26.4	22.4	15.9
1994-1995	17.3	11.7	4.4	1.5	6.2	9.5	12.8	20.4	24.5	26.3	27.0	23.8	15.5
1995-1996	16.6	9.2	7.2	6.5	6.6	11.2	14.7	18.6	23.2	25.8	27.1	22.4	15.8
1996-1997	14.0	8.8	4.3	5.9	5.7	8.8	13.1	18.5	25.7	27.3	27.4	23.4	15.2
1997-1998	17.0	9.4	5.6	5.4	8.0	7.9	15.0	18.6	25.0	26.3	25.9	24.0	15.7
1998-1999	15.0	7.0	2.5	4.6	4.5	9.2	14.9	20.8	23.8	27.9	27.2	24.5	15.2
1999-2000	17.8	9.5	4.6	3.2	5.3	10.0	15.0	20.8	22.5	26.9	25.4	21.9	15.2
2000-2001	13.4	8.9	5.0	1.3	2.8	11.4	12.8	17.9	24.5	26.3	26.5	24.0	14.6
2001-2002	18.9	8.8	4.0	1.5	3.7	9.3	13.0	17.8	22.4	27.8	26.9	22.4	14.7
2002-2003	16.7	8.9	5.2	3.5	4.6	9.5	13.9	18.8	24.2	27.3	25.7	20.5	14.9
2003-2004	18.3	7.6	2.6	3.6	8.1	10.6	13.3	16.6	22.0	25.8	26.4	20.5	14.6
2004-2005	17.9	8.2	5.0	0.6	1.9	9.5	12.9	20.1	23.1	27.4	25.3	22.0	14.5
2005-2006	17.4	8.2	2.8	1.0	4.4	7.2	14.8	19.0	22.5	25.6	25.5	19.7	14.0
2006-2007	14.9	8.8	4.7	3.5	6.1	7.6	13.9	16.8	22.8	24.8	25.4	23.6	14.4
2007-2008	16.4	5.6	1.5	2.0	6.7	8.5	14.0	18.9	23.8	25.3	25.4	23.4	14.3
2008-2009	16.4	7.7	3.0	4.8	5.4	9.7	10.8	17.9	23.7	27.1	24.3	20.2	14.3
2009-2010	15.0	6.8	5.1	3.9	8.5	11.6	16.1	17.2	23.8	27.1	27.0	22.9	15.4
2010-2011	14.8	7.5	5.5	3.9	3.1	9.5	14.3	18.6	23.7	26.5	25.9	24.7	14.8
2011-2012	14.8	6.8	4.6	3.0	5.4	8.4	13.0	16.1	23.0	26.5	25.6	23.6	14.8

Photo : Exemples de format de fichier (ensembles de données mensuels et annuels)

Les fichiers sont au format feuille de calcul MS Excel. Pour le calcul des indices sur une base annuelle, les données peuvent être annuelles ou mensuelles, pour les calculs saisonniers (mois, 3 mois, 6 mois ou autre pas de temps), des données mensuelles sont requises.

En ce qui concerne les fichiers de données mensuels, le logiciel est capable de reconnaître automatiquement la position des données et d'ignorer les autres informations incluses dans le fichier. Le format du fichier doit contenir une ligne avec le nom des mois (au moins la première lettre de chaque mois) de l'année de l'eau (octobre à septembre ou septembre à août). Les données de chaque année sont placées dans les lignes sous les mois respectifs.

Les données annuelles doivent être placées dans une colonne (une valeur par an).

***Exécution du programme sous Windows :**

Voici comment exécuter le programme sous Windows:

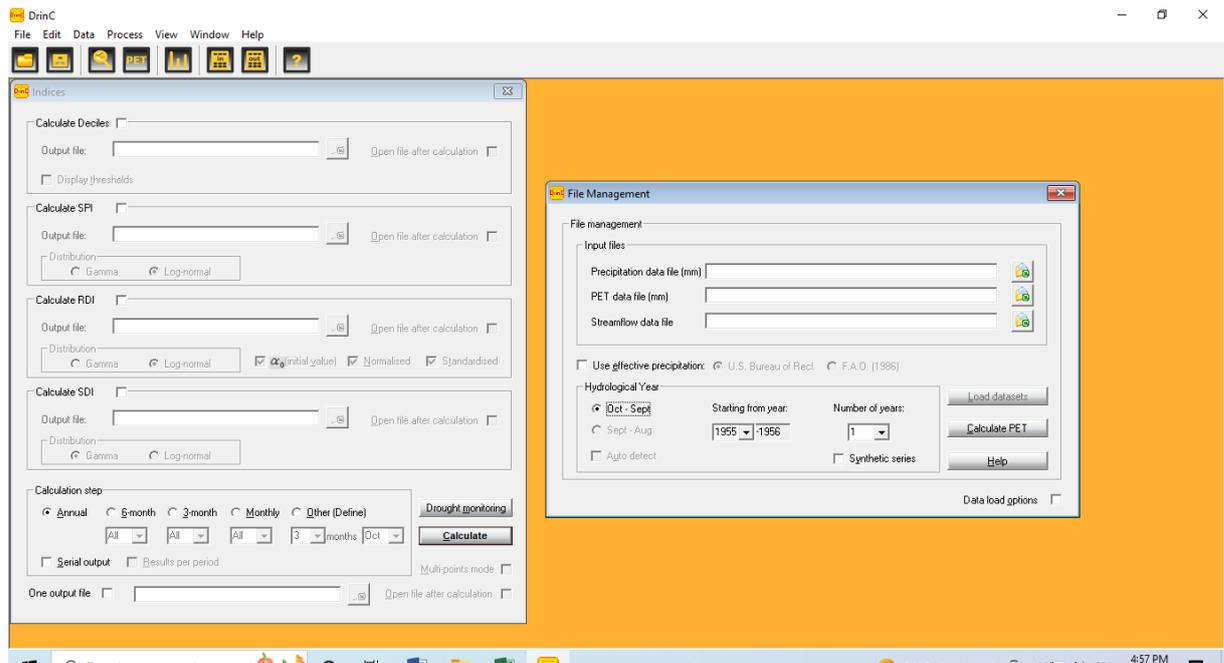


Photo : Exécution du programme sous Windows

1. Les fichiers de données sont sélectionnés dans la fenêtre Gestion des fichiers. (Menu>Data>file Management).

IV. 3. Evaluation de la sécheresse météorologique :

IV. 3. 1. Sécheresse météorologique à court terme :

- Les pas de temps 1 et 3 sont ceux qui représentent le court terme de la sécheresse.

Les figures (18., 9.) présentent la comparaison entre le SPI1 & SPI3 calculer a la base de la méthode de Thorthwaite uniquement, et RDI1 et & RD3 calculer par trois méthodes d'évapotranspiration potentielle "ETP" (Hargreaves, Thorthwaite, Blaney-Criddle).

* Les durées les plus longues de la sécheresse sont observées entre 1999-2001 ; 2004-2006 ; 2007-2008 ; 2009-2001 ; 2013-2017 et 2019-2022 selon le SPI&RDI1 ; et entre 1996-1997 ; 2007-2008 ; 2009-2013 ; 2015-2017 et 2018 -2021 selon le SPI3 et RDI3, toutes ces périodes ont une sévérité extrêmement sec.

* La sévérité maximale de la sécheresse s'observe durant les années 2004-2006 et 2013-2017 pour SPI1, RDI1=-1,23 par la méthode de Blaney-Criddle Hargreaves et Thornthwaite, avec une sécheresse modérément sec.

- Les périodes entre 2007-2008 ; 2009-2013 ; 2015-2017 et 2018 -2021 pour SPI3, RDI3= -2.08 avec une sécheresse sévèrement à extrêmement sec.

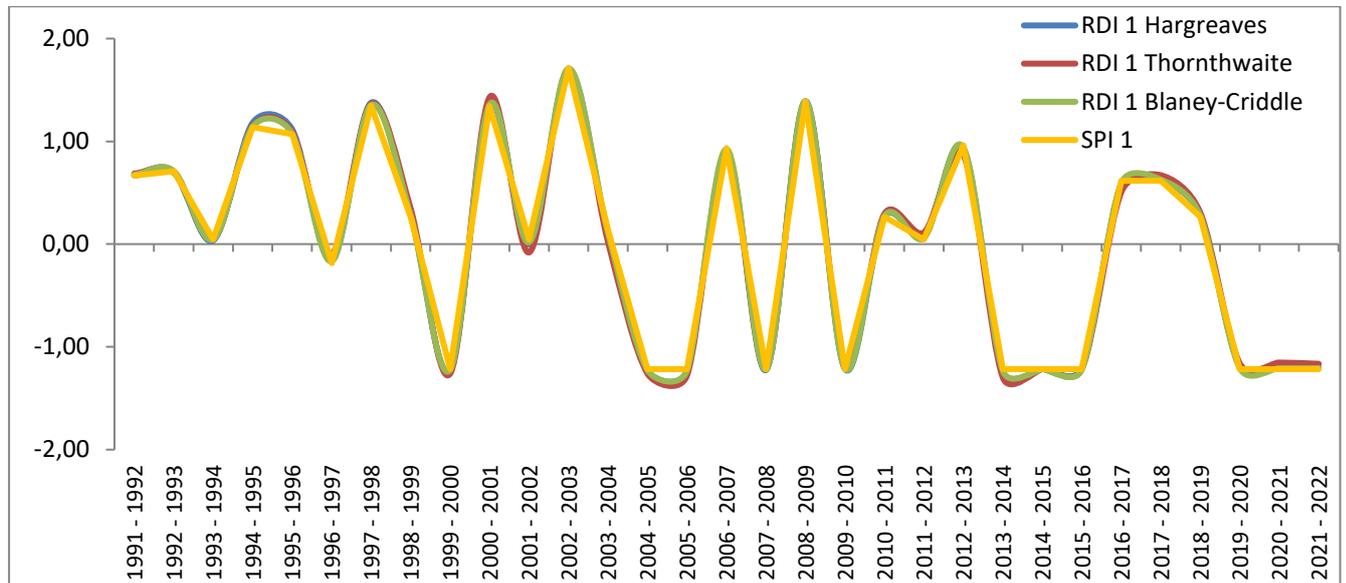


Figure 18 : Comparaison de SPI 1 et RDI 1 pour la station d’El Menia (1991/2022) avec un pas de temps de 1 mois.

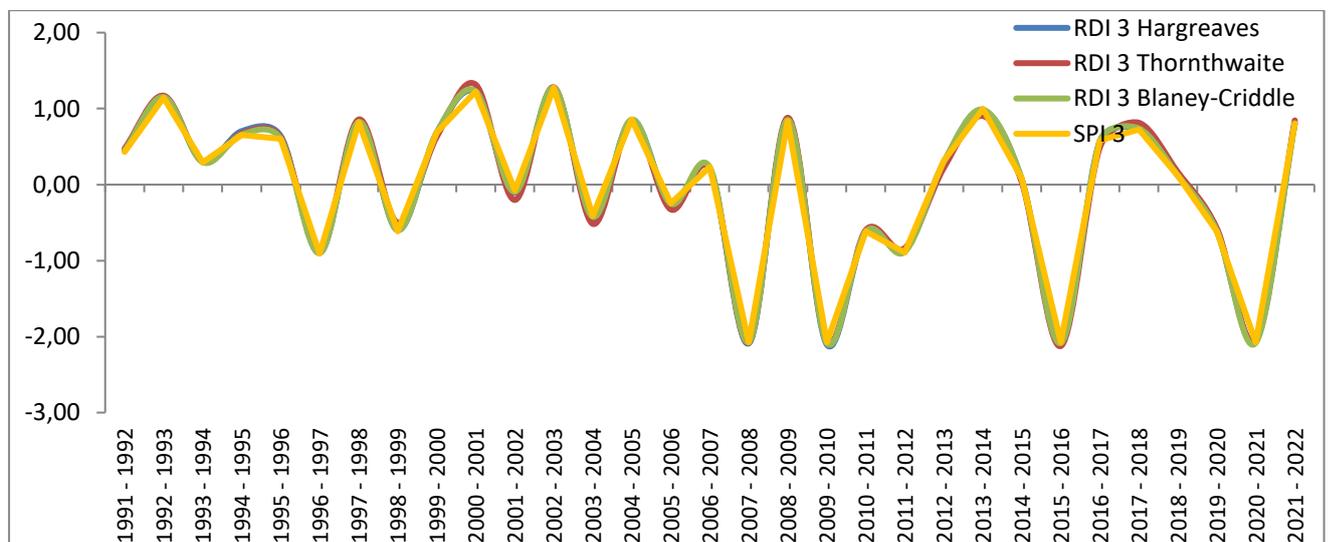


Figure 19 : Comparaison des SPI 3 et RDI 3 pour la station d’El Menia (1991/2022) avec un pas de temps de 3 mois.

IV. 3. 2. La Sécheresse à moyen et à long terme :

Le pas de temps 6 représente le moyen terme alors que ceux de 9 et 12 mois représentent l'évaluation de la sécheresse à long terme (Figure 20., 21., 22.).

-Les SPI & RDI6 présentent les durées suivantes : entre 1996-1997 ; 1998-2000 ; 2009-2011 et 2015-2017 ces durées se caractérisent par une sévérité Modérément sèche.

- Les SPI & RDI 9 et 12 montrent la même durée de sécheresse au cours des années : 1998-2000 ; 2009-2011 et 2015-2017 ces durées se caractérisent par une sévérité extrêmement sèche.

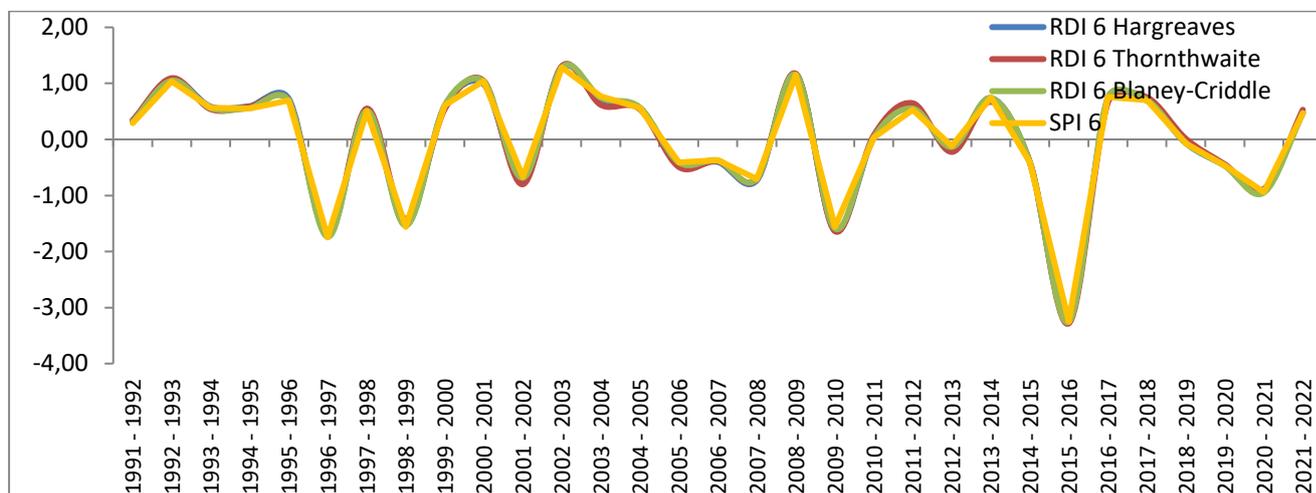


Figure 20 : Comparaison des SPI 6 et RDI 6 pour la station d’El Menia (1991/2022) avec un pas de temps de 6 mois.

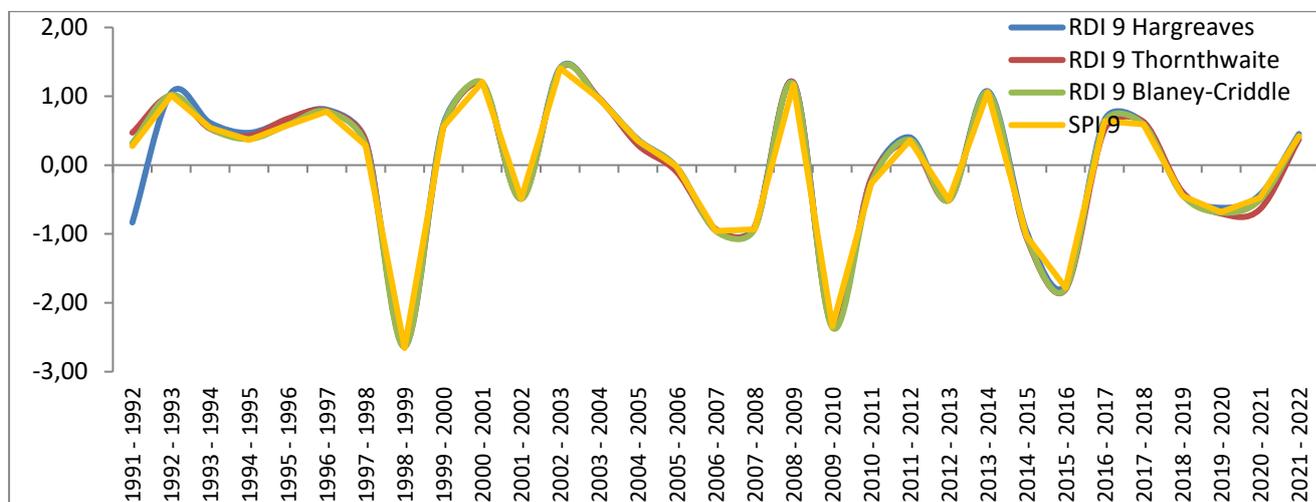


Figure 21 : Comparaison des SPI 9 et RDI 9 pour la station d’El Menia (1991/2022) avec un pas de temps de 9 mois.

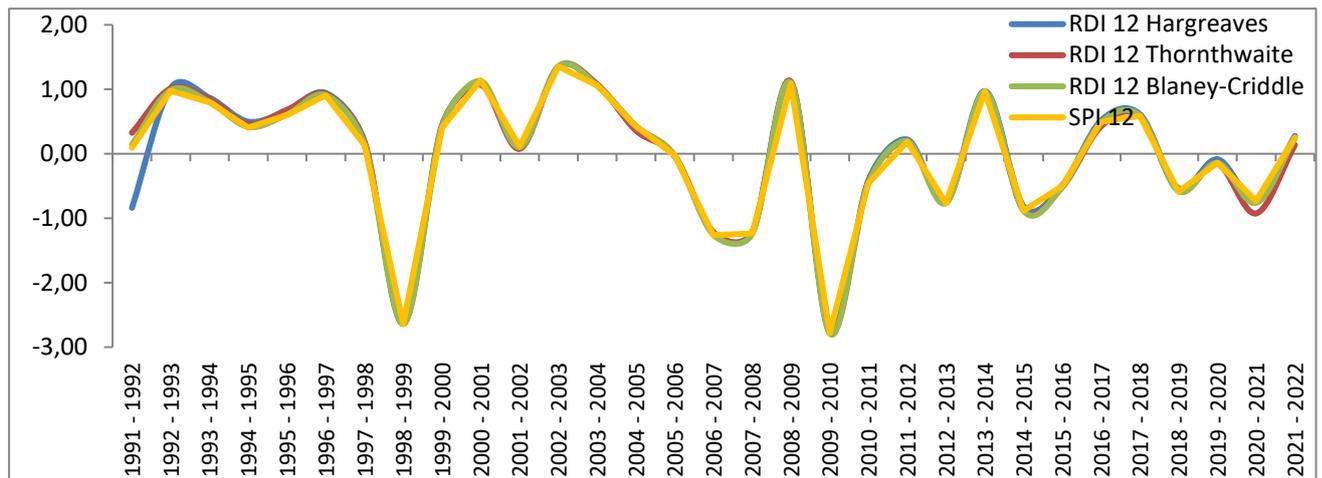


Figure 22 : Comparaison des SPI 12 et RDI 12 pour la station d'El Menia (1991/2022) avec un pas de temps de 12 mois.

La région présente des périodes de sécheresse répétitive tous les deux ans et qui dure entre deux voire trois ans, dans un climat aride.

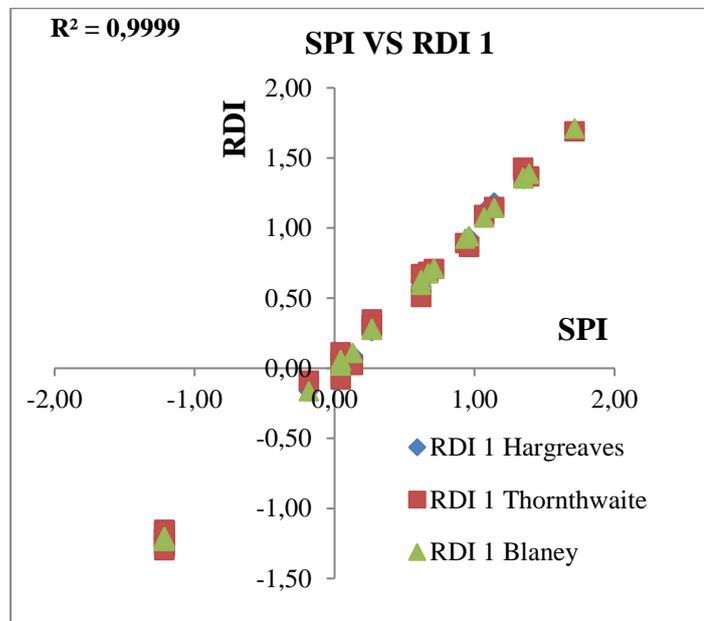
IV. 4. Corrélation entre le SPI et le RDI calculés à partir de la station d'El Menia :

Une corrélation a été réalisée entre les indices de la sécheresse SPI et RDI, estimés par trois méthodes de calculs de l'évapotranspiration (Hargreaves, Thornthwaite, Blaney-Criddle), selon les pas de temps (1, 3, 6, 9 et 12) mois. Le tableau 14 illustre le coefficient de corrélation pour les différents pas de temps (Figure 23).

La valeur la plus faible du coefficient (R^2) entre SPI et RDI a été obtenue pour un pas de temps Trois mois ($R=0.9962$), et la valeur la plus forte pour le pas de temps d'Un mois et Douze mois ($R=0.9999$) (Tableau 14). Dans les pas de temps Neuf mois, le coefficient de corrélation (R) est supérieur à 0,99 aussi, ce qui nous permet de conclure que le coefficient de corrélation R^2 diminue en allant vers les pas de temps représentant l'évaluation de la sécheresse à long terme (SPI et RDI 9 et 12) (la sécheresse hydrologique). Il est évident que les deux indices sont bien corrélés dans tous les pas de temps, dans la station d'El Menia, ce qui signifie que ces deux indices sont très bien adaptés à étudier la sécheresse dans notre zone d'étude.

Tableau 11 : Coefficient de corrélation (R²) entre les SPI et les RDI à différents pas de temps.

Pas de temps	Coefficient de corrélation R ²
SPI 1 vs RDI 1	0.9999
SPI 3 vs RDI 3	0.9969
SPI 6 vs RDI 6	0.9992
SPI 9 vs RDI 9	0.9998
SPI 12 vs RDI 12	0.9999



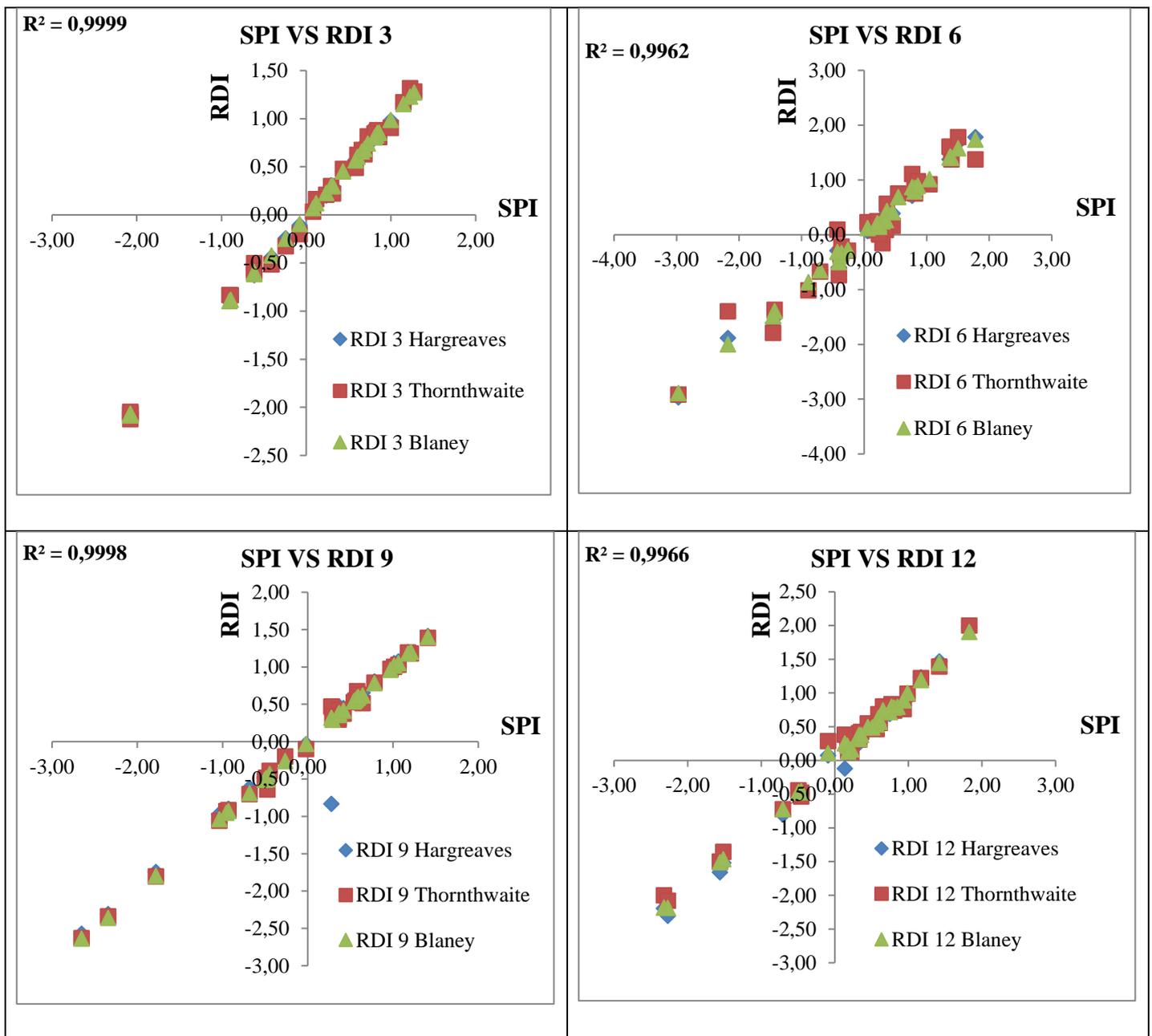


Figure 23 : Diagramme de corrélation entre les SPI et les RDI pour la station d'El Menia (1991-2022).

IV. 5. Conclusion :

Pour les données de la station climatique d'El Menia, et après l'utilisation des deux indices météorologiques (SPI et RDI) nous pouvons conclure que le SPI et RDI nous donnent le même résultat du nombre de mois de sécheresse. Les durées maximales de sécheresse ont été représentées par SPI VS RDI 3, 9 & 12 et montrent deux durées. Concernant la sévérité de la sécheresse, les indices SPI et RDI

montrent la même sévérité dans chaque durée de sécheresse, Le RDI donne plus de précision sur le nombre de mois de sécheresse par rapport au SPI, car il est plus spécifique aux régions arides.

La région présente des périodes de sécheresse répétitive tous les deux ans et qui dures entre deux voire trois ans, avec une sévérité variable entre le modérément sèche et l'extrêmement sèche dans un climat aride.

Conclusion générale

Conclusion générale :

Nous avons utilisé des techniques statistiques dans ce mémoire pour mettre en évidence l'évolution du changement climatique dans la région d'El Menia. Avant de commencer l'étude nous avons jugé qu'il est nécessaire de présenter l'oasis d'El Menia qui se trouve au centre de l'Algérie et abrite l'ensemble d'El Menia et Hassi El Gara. La superficie totale est de 49 000 km² et la densité de population est de 1,2 hab/km². L'agriculture est l'activité principale dans cette oasis, avec des cultures majeures comme les dattiers, les maraichères et les arboricultures.

Le climat de la région est un climat saharien de type hyper aride, avec un hiver froid, et un été chaud et sec. Les sols de cette oasis ont des profondeurs variables d'Est à Ouest et sans différence du Nord au Sud, ce qui est dû à l'irrégularité de la roche mère.

La faible pente (1 à 2%) du nord (amont) vers le sud (aval) caractérise l'allure générale des terrains. L'analyse de l'étude géologique de la zone d'étude menée par Fabre (2005) montre que le secteur d'étude est caractérisé par la présence de terrains d'âge secondaire repartis par un terrain ancien d'âge Cénomaniens inférieur à l'Ouest, de nature lithologique argileuse, déterminant une phase humide masquée par le Grand Erg Occidental. Les terrains de Cénomaniens moyen et supérieur se trouvent principalement à l'est.

Pour atteindre l'objectif de caractériser le climat de notre zone étude, nous avons retenues la station météorologique El Menia dont la période d'observations de 20 ans. Nous avons notés plusieurs remarques concernant la pluviométrie et les températures. La région d'El Menia est caractérisée par un climat saharien de type hyper aride, avec un hiver froid, et un été chaud et sec, influencé par sa position géographique et son relief. La moyenne annuelle des précipitations est 44.9 mm, la température moyenne annuelle est égale à 23.4 °C. La pluviométrie est irrégulière caractérisée par des années successives de sécheresse aussi une succession des années humides. L'irrégularité des saisons nous a démontré que le climat n'est pas stable et qu'il pourra continuer à évoluer dans le temps et dans l'espace.

L'évaluation et le suivi de la sécheresse météorologique à partir de la station météorologique El Menia durant une période d'observation de 1991/82 à 2021/22, a été réalisée, afin d'avoir une idée sur la sévérité et la durée de la sécheresse, par l'utilisation et l'évaluation des performances des indices de sécheresse SPI et RDI. Le du SPI était basé sur une série de précipitations cumulées de 31 ans, tandis que le calcul du RDI était basé sur les précipitations et l'évapotranspiration potentielle on utilisant la méthode Hargreaves-Samani.

Conclusion générale

Pour les données de la station climatique d'El Menia, et après l'utilisation des deux indices météorologiques (SPI et RDI) nous pouvons conclure que le SPI et RDI nous donnent le même résultat du nombre de mois de sécheresse. Les durées maximales de sécheresse ont été représentées par SPI VS RDI 3, 9 & 12 et montrent deux durées. Concernant la sévérité de la sécheresse, les indices SPI et RDI montrent la même sévérité dans chaque durée de sécheresse, Le RDI donne plus de précision sur le nombre de mois de sécheresse par rapport au SPI, car il est plus spécifique aux régions arides. Cette bonne corrélation permettra de nous donner une vision sur l'évaluation des conditions d'humidité du sol pour une échelle de temps plus courte, la fluctuation des niveaux des eaux souterraines, le débit des cours d'eau pour les échelles de temps plus longues.

La région présente des périodes de sécheresse répétitive tous les deux ans et qui durent entre deux voire trois ans, avec une sévérité variable entre le modérément sèche et l'extrêmement sèche dans un climat aride.

En fin, le changement climatique est un problème préoccupant à gérer, surtout parce qu'il affecte les réservoirs d'eau et les êtres vivants.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

1. ABH (Agence des Bassins Hydrographiques). (2017) Rapport statistiques de la ressource en eau dans la willaya de Ghardaia.
2. Achour, S. (1990) La qualité des eaux du Sahara Septentrional en Algérie. Étude de l'excès en fluor. *Tribune de l'eau*, Cebedeau, 42 (542), 53-57.
3. AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY (AMS) (2004): Déclaration sur la météorologie taureau de sécheresse Am Meteorol Soc; 85: 771-773 .
4. Badraoui, M., Soudi S & Farhat A. (1998) Variation de la qualité des sols : une base pour évaluer la durabilité de la mise en valeur agricole sous irrigation par pivot au Maroc. Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc, pp 227-233 .
5. Bagnouls F & Gaussen H. (1953) Saison sèche et indice xéothermique. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse*, 88, pp 193-240 ,
6. Belksier, M-S. (2009) Hydrogéologie et hydrochimie de la nappe superficielle dans la région de l'Oued Righ et l'évolution de sa vulnérabilité. Mémoire de magister, Université Badji Mokhtar-Annaba - 87-90p.
7. Belksier, M-S. (2017) Caractéristiques hydrogéologiques de la nappe superficielle dans la région de l'Oued Righ et évaluation de l'impact de la pollution et de la salinité sur la qualité de ses eaux. Thèse de doctorat. Université Badji Mokhtar Annaba.
8. Florence, HABETS et coll. Impact du changement climatique sur les ressources en eau du bassin versant de la Seine. *Eau Seine Normandie*. Décembre 2011. Disponible sur sisyphe.uprnc.fr.
9. Jacques, Dermagne et coll. Partager la connaissance et ouvrir le dialogue: le changement climatique. 2006. Groupe de réflexion Académies et Conseil économique et social.
10. PALMER W. C. (1968): Suivi des conditions d'humidité des cultures, à l'échelle nationale, le indice d'humidité des cultures. *Météo*. 21: 156-161 .
11. TABET, Slimane. Le changement climatique en Algérie orientale et ses conséquences sur la végétation forestière. Mémoire magistrale. Mentouri Canstantine à la Lignivérite. Faculté des sciences de la nature et de la vie département de biologie et d'écologie. Année de prise en charge 200B. Disponible sur < [bu.umc.edu .dz](http://bu.umc.edu.dz)>.

Références bibliographiques

12. THORNTHWAITE C, À l'ouest.. (1948) : Une approche vers une classification rationnelle du climat. Géographie Rév. 38 55-94.
13. WILHITE D. & GLANTZ M., (1985): Comprendre le phénomène de la sécheresse: le rôle de définitions Eau Int, 10: 111-120 .

Metre ici vos références bibliographiques.